



# ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN INVERNAL EN URUGUAY: Carinata

Ing. Agr. Carolina Meikle Messa<sup>1</sup>

Ing. Agr. Bruno Möller Grasso<sup>1</sup>

Lic. Biol. PhD Silvina Stewart<sup>2</sup>

Q.F. PhD Daniel Vázquez<sup>2</sup>

Ing. Agr. PhD Marina Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Egresados Facultad de Ciencias Agrarias - UDE

<sup>2</sup>Programa Cultivos de Secano - INIA

Carinata es una especie oleaginosa de crecimiento vigoroso y buena adaptación a las condiciones de nuestro país, que se constituye en una interesante alternativa para complementar y diversificar el área de cultivos de invierno.

## CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Carinata (*Brassica carinata* A. Braun) es una especie perteneciente a la familia de las crucíferas y al género *Brassicae*. Originaria de Etiopía, se la conoce como Mostaza etíope y sirve para producción de biodiesel. Es una especie oleaginosa que en las condiciones de nuestro país se siembra en otoño. Posee un crecimiento vigoroso, con una estructura ramificada que a la madurez puede alcanzar una altura de 1,20 a 1,50 m.

El tamaño de su semilla es más grande que otras especies de Brassica y de un color castaño claro, diferente del castaño oscuro de la Colza. Debido a su extenso sistema de raíces pivotantes, bajas temperaturas de canopia, hojas gruesas y cerosas, presenta buena tolerancia a factores estresantes como enfermedades, insectos, sequía, calor y frío.

Las enfermedades más comunes que afectan a Carinata son: enfermedades foliares como mancha negra

(causadas por *Alternaria* spp.), mildiu (*Hyaloperonospora parasitica*), roya blanca (*Albugo candida*), y bacteriosis de la hoja (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) y enfermedades de tallo como el cancro de tallo y necrosis de la base del tallo (*Phoma lingam*) y podredumbre húmeda (*Sclerotinia sclerotiorum*). En el caso de cancro del tallo, en 2018 se observaron en INIA La Estanzuela niveles de incidencia promedio de 14% en 68 genotipos de Carinata evaluados y una incidencia de 40% en Colza Rivette. Los insectos plagas que afectan a este cultivo son la palomilla de diamantes (*Plutella xylostella*) y pulgones (*Brevicoryne brassicae*). Las aves plagas no causan daño por el nivel de glucosinolatos en el grano. No se han encontrado grandes pérdidas de rendimientos causadas por enfermedades y plagas.

El cultivo posee una maduración uniforme y su silicua presenta resistencia a la dehiscencia. Se puede cosechar de forma directa usando desecantes, reduciendo costos de producción (UPM, 2019).

Debido a los altos contenidos de ácido erúico en el grano, el aceite no es comestible. Este ácido, junto con ácido linoléico y menos de 7% de ácidos grasos saturados, lo hacen adecuado como materia prima para biodiesel (Seepaul *et al.*, 2019). La harina de subproducto es de valor para la alimentación animal por su alto contenido en proteínas y bajo en fibras, aunque se debe utilizar en mezclas por su contenido de glucosinolatos.

## SIEMBRA

La siembra puede realizarse mediante laboreo convencional, mínimo laboreo o siembra directa. Si se realiza siembra directa sobre rastrojo voluminoso, este tiene que ser disminuido, para lograr un buen contacto semilla-suelo. Es una especie sensible al anegamiento del suelo, por lo que deberían elegirse chacras con buen drenaje natural para permitir un buen desarrollo radicular y evitar enfermedades de raíz (UPM, 2019).

La profundidad de siembra debe ser de 1,3 a 2 cm para obtener un buen stand de plantas (Seepaul *et al.*, 2019).

Las fechas adecuadas para la siembra van desde la segunda quincena de abril hasta los primeros días de junio, siendo óptimas las primeras tres semanas de mayo; después pueden disminuir los rendimientos potenciales del cultivo (UPM, 2019).

La densidad de siembra recomendada es de 5,5 a 7,0 kg/ha. Mazzilli (2018) observó que los rendimientos no se ven afectados en un rango de población de entre 30 a 100 pl/m<sup>2</sup>. Es importante encontrar un equilibrio en la densidad de plantas que permita lograr tallos finos para facilitar la cosecha y tener un control de malezas por competencia en los estados iniciales del cultivo. Pero es sustancial evitar densidades excesivas que puedan provocar problemas de vuelco.

Se encontró una correlación positiva y significativa ( $r = 0,78$ ;  $p < 0,0001$ ) entre número de plantas iniciales y mortalidad de plantas (Möller y Meikle, 2018). Por lo tanto, no sería conveniente sembrar altas densidades que generen un mayor gasto en recursos (semilla, fertilizante) para plantas que no llegan al final del ciclo.

El espaciamiento entre surcos puede variar desde 0,16 a 0,34 m. En nuestras condiciones, Carinata responde favorablemente al acercamiento entre surcos (Mazzilli, 2018) para una mejor competencia con malezas y un posible control del grosor de tallos que dificultan la cosecha.

Carinata puede ser utilizada como materia prima para biodiesel. Además, la harina subproducto del grano es de valor para la alimentación animal por su alto contenido en proteínas y bajo en fibras, debiéndose utilizar en mezclas.

## REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Los requerimientos nutricionales de Carinata son similares a los de Colza. Los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en el suelo no deben ser limitantes para que este cultivo se desarrolle de manera adecuada y alcance sus máximos potenciales de rendimiento. Es una especie que se desarrolla mejor en suelos bien drenados y con pH relativamente neutros (5,5 a 6,5) (IPNI, 2013).

El N es importante durante todo el desarrollo del cultivo, principalmente en la etapa de elongación del tallo (IPNI, 2013) y la de botón floral (GRDC, 2009). Es un cultivo relativamente sensible al nitrógeno localizado junto a la semilla a la siembra, por lo que debería quedar al menos a 2,5 cm de la semilla (Agrisoma, 2018).



**Figura 1** - Aspecto del cultivo a fin de floración (16/10/2017).





**Figura 2** - Medición de variable NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) al estado del cultivo de inicio de elongación de tallo (4/8/2017).

En cuanto a dosis, en Uruguay se ha obtenido respuesta en rendimiento hasta un agregado de 90 kg de N/ha (UPM, 2019). En adición, dosis excesivas de N a la siembra y en estadios tempranos pueden generar un crecimiento exuberante, provocando gran susceptibilidad a daños por vuelco de plantas. Asimismo, altas dosis de este nutriente pueden contribuir a incrementar los contenidos de proteína en la semilla y reducir los contenidos de aceite (IPNI, 2013).

La importancia del P radica principalmente al inicio del desarrollo del cultivo, posibilitando una buena implantación, con una mayor precocidad y mejor desarrollo de raíces, vigorizando la planta (IPNI, 2013). Autores canadienses comprobaron que en sus condiciones el nivel crítico para P es de 15,6 ppm (P Bray) (Pouzet, citado por Martino y Ponce de León, 1999).

La mayor absorción de K se da en el estado de elongación de tallo. Además, su adecuada disponibilidad ayuda a la resistencia a enfermedades (IPNI, 2013). El nivel crítico de K para los cultivos de secano en Uruguay es de 0,34 meq 100 g<sup>-1</sup> de suelo (Barbazán et al, 2011).

El S es un nutriente crítico cuando hablamos de la formación de aceite y proteína (GRDC, 2009), pero no se han encontrado respuestas en rendimiento a su agregado en diferentes sitios evaluados en Uruguay (UPM, 2019). De todos modos, conviene agregarlo para obtener una materia prima de calidad.

## MANEJO DE MALEZAS

Si se parte de chacras con buen control de malezas, Carinata es una especie que compite muy bien con estas (Seepaul et. al, 2019). En un trabajo nacional donde se probaron cuatro herbicidas en distintas secuencias y combinaciones, el rendimiento de grano en el testigo sin aplicación de herbicidas no se diferenció de los tratamientos que recibieron herbicida (UPM, 2019). Sin embargo, si no son controladas adecuadamente, una

presencia importante de malezas dificulta las operaciones de cosecha y disminuye la calidad del grano por presencia de semillas de malezas, especialmente si son de la misma familia como el rábano silvestre o la mostacilla (Seepaul et. al, 2019).

Debido a las escasas opciones para el eficiente control químico de malezas de hoja ancha en post-emergencia del cultivo, la mejor estrategia se basa en la utilización de herbicidas en pre-emergencia. Se recomienda que la aplicación inmediatamente previa a la siembra incluya herbicidas totales, solos o en mezcla, como glifosato, glufosinato de amonio o paraquat en función del enmalezamiento predominante y/o la presencia de biotipos resistentes a glifosato. En mezcla con los herbicidas totales es también recomendable la utilización de herbicidas preemergentes (UPM, 2019). La trifluralina es el herbicida más recomendado por su residualidad y su amplio espectro de control de malezas de hoja ancha. El Clopyralid es otro herbicida que puede ser usado tanto en pre como en post-emergencia del cultivo y que también presenta cierta residualidad, aunque menor que el de la trifluralina.

El control de gramíneas no presenta dificultades, ya que se cuenta con opciones de herbicidas graminicidas (ej. haloxyfop y cletodim) (UPM, 2019). Estos herbicidas podrían ser usados en cualquier momento durante el ciclo de Carinata ya que no existen reportes de fitotoxicidad de estos herbicidas sobre este cultivo. Sin embargo, es importante mencionar que trabajos australianos reportan fitotoxicidad del herbicida cletodim en Colza cuando este se aplica a partir del momento de la diferenciación del botón floral. Por este motivo se recomienda restringir el uso de cletodim en *Brassicáceas* entre las dos y las ocho hojas del cultivo (Zerner y Wheeler, 2013).

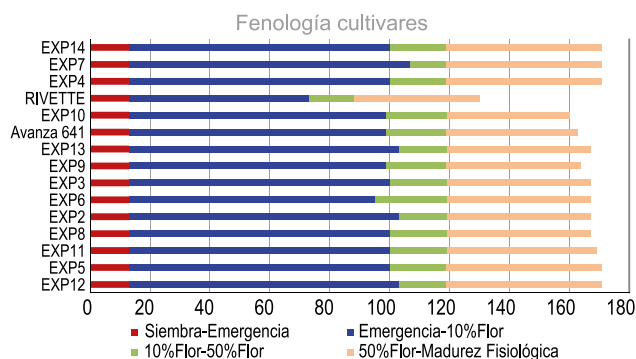
## CICLO FENOLÓGICO

De acuerdo a datos obtenidos evaluando genotipos experimentales de Carinata, esta posee un ciclo más largo que Colza Rivette (Möller y Meikle, 2018). La mayor diferencia se encuentra en el período de emergencia –



**Figura 3** - Evaluación de enfermedades a fin de floración del cultivo (16/10/2017).

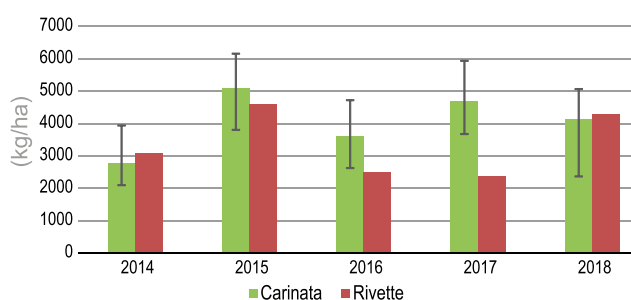
10% floración, donde Rivette presentó una duración de 60 días y en promedio los genotipos experimentales de Carinata y su testigo Avanza 641 (A641) fue de 88 días. Rivette presentó una duración total de ciclo (siembra a madurez fisiológica) de 130 días y los genotipos experimentales de 167 días en promedio. El testigo A641 presentó un largo de ciclo de 163 días (Figura 4).



**Figura 4** - Ciclo en días para etapas fenológicas de los genotipos de Carinata y Colza Rivette, La Estanzuela, 2017 (Möller y Meikle, 2018).

## RENDIMIENTO

Los rendimientos promedios de grupos de cultivares de Carinata en una serie de experimentos en INIA La Estanzuela han sido iguales o superiores al cultivar de Colza Rivette (Figura 5).



**Figura 5** - Rendimiento en grano promedio, máximos y mínimos de genotipos de Carinata, y Rivette (kg/ha), 2014 a 2018 La Estanzuela (actualizado Castro, 2018).

El año 2014 fue la primera experiencia en el país con esta especie, ajustándose en los años siguientes los genotipos utilizados en cuanto a ciclo y potencial de rendimiento. En 2015 y 2018, considerados récord en producción de la mayoría de los cultivos de invierno, la producción promedio de carinata fue similar a la de Colza Rivette, aunque con rendimientos máximos mayores a 6000 kg/ha (2015) y a 5000 kg/ha (2018). En el año 2017, con condiciones climáticas estresantes para los cultivos de invierno (precipitaciones por encima del promedio histórico en casi todo el ciclo de los cultivos),

Cuenta con requerimientos nutricionales similares a los de Colza, requiere buenos niveles de N, P, K y S; responde a suelos bien drenados y pH relativamente neutros.

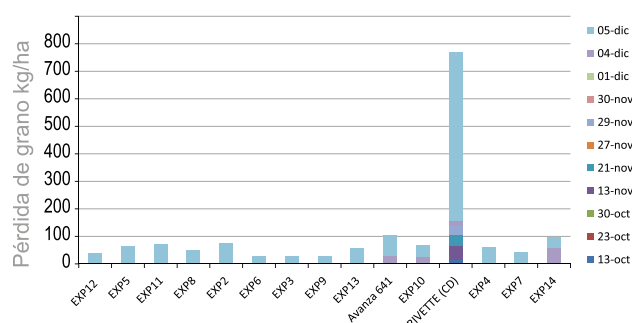
Carinata mostró una clara mayor rusticidad que la Colza Rivette.

## DEHISCENCIA DE LAS SILICUAS

Como ejemplo de las pérdidas de grano por dehiscencia de las silicuas se muestran los datos del año 2017. En Rivette (763 kg/ha) fueron superiores a las de Carinata (Figura 4). La variación entre los genotipos de Carinata fue baja, comprendiendo valores entre 27 kg/ha a 97 kg/ha, y el testigo A641 con una dehiscencia levemente superior llegando a los 104,5 kg/ha (Möller y Meikle, 2018).

En la mayoría de los genotipos de Carinata, el único momento de pérdida de grano fue a la cosecha, a diferencia de Rivette, en el que los primeros datos de dehiscencia se registraron el 13 de octubre durante el llenado de grano. Algunos genotipos de Carinata presentaron pérdidas de grano el día 4 de diciembre (el día previo a la cosecha).

En el caso de Rivette, se cortaron las plantas el 20 de noviembre y se trillaron mediante cosecha estacionaria el 5 de diciembre (día en que se cosecharon en forma directa las carinatas), lo que podría haber llevado a pérdidas mayores de lo esperado en esa última etapa por manipuleo experimental.



**Figura 6** - Pérdida de grano, por dehiscencia de las silicuas durante el ciclo del cultivo, y pérdidas en la cosecha (05-Dic), INIA La Estanzuela 2017 (Möller y Meikle, 2018).

De acuerdo a los rendimientos potenciales (suma del rendimiento obtenido más las pérdidas de grano) se mantiene la supremacía por parte de los genotipos de Carinata con respecto a Rivette.



**Figura 7** - Cosecha y recolección de bandejas de dehiscencia (5/12/2017).

## CALIDAD DE GRANO

Como parámetros de calidad, se evalúa el peso de mil granos (PMG), contenido de aceite y contenido de proteína. El PMG de Carinata en 2017 fue en promedio de 4,23 g, algo inferior al de Rivette (4,82 g) (Möller y Meikle, 2018).

El contenido de proteína en grano de Carinata ha sido en promedio 25,6% (años 2014, 2015 y 2018). Es una variable a tener en cuenta en el subproducto harina para la alimentación animal.

El contenido de aceite tiene gran importancia en este cultivo. En promedio de los años 2015 a 2018, Carinata presentó 46,4% y Rivette 45,7% de aceite en grano, mostrando buen potencial para producir biocombustible.

## COMENTARIOS FINALES

Carinata se adapta a las condiciones de Uruguay, con buena tolerancia a enfermedades y plagas, baja dehiscencia de silicuas y altos rendimientos de grano y aceite, aun en condiciones climáticamente estresantes como fue el año 2017. Es una buena opción para complementar y diversificar el área de cultivos de invierno, para una rotación sustentable.

## AGRADECIMIENTOS

A UPM BIOFORE y AGRISOMA por el trabajo conjunto desde 2014 en Carinata. A los Asistentes Beatriz Castro, Ximena Morales, Máximo Vera y al equipo de Evaluación por su dedicación. Al Dr. Alejandro García (INIA) y al Dr. Sebastián Mazzilli (FAGRO) por el generoso intercambio de información.

## BIBLIOGRAFÍA

AGRISOMA. 2018. Carinata management handbook. Disponible en: [https://agrisoma.com/wp-content/uploads/2018/10/2017\\_18\\_SE\\_Handbook.pdf](https://agrisoma.com/wp-content/uploads/2018/10/2017_18_SE_Handbook.pdf) (Consultado 2/5/2019).

BARBAZAN, M.; BAUTES, C.; BEUX, L.; BORDOLI, M.; CANO, J.D.; ERNST, O.; GARCIA, A.; GARCIA, F.; QUINCKE, A. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. Agrociencia Uruguay. V 15, 2: 93-99.

CASTRO, M. 2018. ¿Puede *Brassica carinata*, una nueva oleaginosa de invierno, contribuir a la diversificación del sistema agrícola? En: Mesa Tecnológica de Oleaginosas, (7, 2018, Montevideo, Uruguay). Disponible en [http://7moencuentro.mto.org.uy/wp-content/uploads/2018/08/Presentaci%C3%B3n-Marina-Castro\\_15.08.2018.pdf](http://7moencuentro.mto.org.uy/wp-content/uploads/2018/08/Presentaci%C3%B3n-Marina-Castro_15.08.2018.pdf) (Consultado 2/5/2019).

GRDC. (Grains Research & Development Corporation). 2009. Canola best practice management guide for south-eastern Australia (en línea). Consultado el 30 de jul. 2018. Disponible en <file:///F:/TESIS/PDF%20info/Colza%20Guide.pdf>

IPNI. (International Plant Nutrition Institute). 2013. 4R Colza Nutrition Guide. Canola Technology Update: Nutrient Management. Vol 1. 21 p.

MAZZILLI, S. 2018. Conocimiento actual y desafíos para el desarrollo de Oleaginosas de invierno en Uruguay. En: Mesa Tecnológica de Oleaginosas (7, 2018, Montevideo, Uruguay). Disponible en: [http://7moencuentro.mto.org.uy/wp-content/uploads/2018/08/Presentaci%C3%B3n-Sebasti%C3%A1n-Mazzilli\\_15.08.2018.pdf](http://7moencuentro.mto.org.uy/wp-content/uploads/2018/08/Presentaci%C3%B3n-Sebasti%C3%A1n-Mazzilli_15.08.2018.pdf) (Consultado 2/5/2019).

MÖLLER, B.; MEIKLE, C. 2018. Evaluación y caracterización de genotipos avanzados de *Brassica carinata* A. Braun como alternativa de producción invernal en Uruguay. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, UDE. 89 p.

PONCE DE LEÓN, F.; MARTINO, D.L.; DÍAZ LAGO, J.E. 1999. Agronomía de la Canola. In Canola: una alternativa promisorio. Serie Técnica INIA 105: 35-38.

POUZET, A. 1995. Brassica oilseeds. Production and Utilization. in Canola: una alternativa promisorio. Serie Técnica INIA 105: 24-34.

SEEPAL, R.; SMALL, I.M.; MULVANEY, M.J.; GEORGE, S.; LEON, R.G.; PAULA-MORAES, S.V.; GELLER, D.; MAROIS, J.J. and WRIGHT, D.L. 2019. Carinata, the Sustainable Crop for a Bio-based Economy: 2018–2019 Production Recommendations for the Southeastern United States. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/ag389> (Consultado 2/5/2019).

UPM. 2019. Guía de manejo *Brassica carinata*. 68 p.

ZERNER, M., WHEELER, R. 2013. Clethodim tolerance in canola. Hart Trial Results 2013. Disponible en: [http://www.hartfieldsite.org.au/media/2013%20TRIAL%20RESULTS/17\\_Clethodim\\_tolerance\\_in\\_canola\\_2013HartTrialResultsBook.pdf](http://www.hartfieldsite.org.au/media/2013%20TRIAL%20RESULTS/17_Clethodim_tolerance_in_canola_2013HartTrialResultsBook.pdf) (Consultado 9/4/2019).