

Lino, colza y cártamo

Oleaginosas que aportan
a la diversificación productiva

Griselda Estela Sánchez Vallduví
y Adriana Mabel Chamorro (coordinadoras)

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES


EduLP
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

LINO, COLZA Y CÁRTAMO

OLEAGINOSAS QUE APORTAN A LA DIVERSIFICACIÓN
PRODUCTIVA

Griselda Estela Sánchez Vallduví
Adriana Mabel Chamorro
(coordinadoras)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA


EDITORIAL DE LA UNLP

A los y las estudiantes con quienes compartimos esta apasionante tarea que es la docencia, son el presente y el futuro, son quienes podrán aportar al cambio para ir hacia una agricultura sustentable

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de La Plata, por la oportunidad que nos brinda para publicar el presente libro en la EDULP.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, por posibilitar que trabajáramos en cultivos postergados, pero con mucha potencialidad para un modelo productivo diversificado, como el lino y la colza, lo cual nos incentivó a hacer este aporte a la docencia.

A los autores de este libro por su trabajo, dedicación y contribución en la elaboración de este libro.

A muchas personas, docentes, no docentes y alumnos, que han trabajado y aportado de diferentes maneras en las tareas de investigación en los cultivos de lino y colza en el curso Oleaginosas y Cultivos Regionales, lo cual nos ha permitido contar hoy con valiosa información para la elaboración de este libro.

A quienes han sido personas claves en nuestra formación para que hoy tengamos una mirada integral de la producción agropecuaria.

A nuestras familias, quienes nos acompañan siempre.

La educación no cambia el mundo, cambia a las personas que van a cambiar el mundo

Paulo Freire

Cambiar el modo de pensar, pensar el modo de cambiar

Walter Pengue

Índice

Introducción	8
---------------------	---

Capítulo 1

Oleaginosas de invierno en la Argentina	10
<i>Griselda E. Sánchez Vallduví y Adriana M. Chamorro</i>	

Capítulo 2

Importancia económica, usos y propiedades de lino, colza y cártamo	22
<i>Andrea V. Dellepiane, Griselda E. Sánchez Vallduví y Adriana M. Chamorro</i>	

Capítulo 3

Morfología y ecofisiología del cultivo de lino	39
<i>Griselda E. Sánchez Vallduví y Andrea V. Dellepiane</i>	

Capítulo 4

Manejo tecnológico del cultivo de lino	60
<i>Griselda E. Sánchez Vallduví, Andrea V. Dellepiane y Lorena S. Schutt</i>	

Capítulo 5

Morfología y ecofisiología del cultivo de colza	85
<i>Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus</i>	

Capítulo 6

Manejo tecnológico del cultivo de colza	104
<i>Rodolfo Bezus, Liliana Beatriz Iriarte y Adriana Mabel Chamorro</i>	

Capítulo 7

Morfología y ecofisiología del cultivo de cártamo	127
<i>Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus</i>	

Capítulo 8

Manejo tecnológico del cultivo de cártamo _____ 140

Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus

Capítulo 9

Mejoramiento genético del lino, la colza y el cártamo _____ 156

Rodolfo Bezus, Lucrecia C. Gioco, Adriana M. Chamorro y Griselda E. Sánchez Vallduví

Capítulo 10

Potencialidad y desafíos para las oleaginosas invernales en Argentina _____ 178

Griselda E. Sánchez Vallduví y Santiago J. Sarandón

Los autores y las autoras _____ 187

Introducción

Uno de los aspectos que amenazan la sustentabilidad de los sistemas productivos de la Argentina es su escasa diversificación. Está clara la necesidad de pensar en un rediseño de los sistemas productivos que lleve a un manejo más sustentable de los mismos. En este contexto, las oleaginosas de invierno como el lino, la colza y el cártamo son alternativas que pueden contribuir a la diversificación y aportar diferentes ventajas para la cadena agroalimentaria enmarcada en un modelo de producción más sustentable. Para ello, es necesario conocerlos y pensar su inclusión en un marco de manejo que compatibilice la producción con la conservación de los recursos naturales.

La Asignatura Oleaginosas y Cultivos Regionales, materia obligatoria de la Carrera de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, aborda la producción de estos tres cultivos. Son pocos los libros de texto relacionados con la temática que incorporen estas oleaginosas como un grupo importante entre los cultivos de invierno y que planteen su inclusión en los sistemas productivos desde una visión sistémica. Esta propuesta de libro cátedra pretende empezar a cubrir esa área de vacancia, recopilando y sistematizando información que contribuya al conocimiento y análisis de la importancia de estos cultivos en los sistemas productivos de la Argentina.

En este libro participan un total de 8 autores, 4 son integrantes del grupo docente del Curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales quienes cuentan con experiencia en investigación en esta temática, parte de la que será volcada en la presente publicación. Los otros 4 autores invitados son referentes en las áreas en las cuales han contribuido en la escritura, por lo cual con su incorporación y participación enriquecen la presente publicación.

Con esta publicación se propone elaborar un material didáctico en el área de los cultivos de lino, colza y cártamo que reúna y ordene contenidos temáticos orientados para caracterizarlos como oleaginosas de invierno y analizar su inclusión en los sistemas productivos de distintas regiones de la Argentina. Se propone plantear estos cultivos como alternativas productivas para el desarrollo de un modelo de producción más sustentable que el predominante en nuestro país, planteando sus potencialidades y desafíos productivos. Para esto se escribieron los 10 capítulos que componen la obra con una escritura sencilla y clara.

Los 2 primeros capítulos tienen como objetivo introducir y exponer brevemente el contexto en el cual se producen estas oleaginosas, sus características e historia en nuestro país.

En el capítulo 1 se describe en forma concisa el sistema agroalimentario y el modelo de producción en el cual se insertan las oleaginosas. Se analiza el complejo oleaginoso en su conjunto y, en particular, las oleaginosas de invierno en el contexto productivo actual de la Argentina. Se reflexiona sobre los motivos que afectan la difusión o no de las mismas en nuestro país.

En el capítulo 2 se presenta la importancia, las características, propiedades, usos y calidad de los productos de los cultivos de lino, colza y cártamo. Se hace una referencia histórica de los mismos y se describe el desarrollo y difusión de estos cultivos en nuestro país. Se analiza la situación nacional e internacional actual en cuanto a la producción y comercio.

Los 6 capítulos siguientes tienen como objetivo describir las características de crecimiento y desarrollo así como el manejo productivo del lino, la colza y el cártamo. Los capítulos 3 y 4 hacen referencia al cultivo de lino, el 5 y 6 a colza y el 7 y 8 a cártamo lo cual sigue la siguiente lógica:

En los capítulos 3, 5 y 7 se presentan la ubicación sistemática, se describe la morfología, se desarrollan los aspectos relacionados con el crecimiento y desarrollo, se describen los requerimientos edafoclimáticos y se plantean los momentos y factores asociados a la definición del rendimiento de los cultivos de lino, colza y cártamo respectivamente.

En los capítulos 4, 6 y 8 se desarrollan aspectos referentes al manejo tecnológico de los cultivos mencionados. En cada uno de ellos se analiza para el cultivo correspondiente la inclusión del mismo en un planeo de rotaciones y labores previas a la siembra. Se analizan los factores a considerar para definir la siembra del cultivo. Se describen las adversidades más importantes que se presentan en Argentina y su manejo. Se presenta el manejo de la nutrición. Se caracteriza al cultivo para definir el momento y características de la cosecha, su almacenamiento y comercialización.

En el capítulo 9 se pretende introducir a los lectores en aspectos relacionados con el mejoramiento genético del lino, la colza y el cártamo. Se relacionan las características de cada uno de ellos que definen las metodologías usadas. Se presentan los principales objetivos de mejoramiento y sintéticamente aspectos relacionados con las principales metodologías empleadas.

Por último, en el capítulo 10, se analiza la necesidad de cambiar el modelo moderno de producción para ir hacia una agricultura sustentable. Se plantea a la diversificación de cultivos como una estrategia para buscar ese objetivo y al lino, la colza y el cártamo como posibles alternativas a fin de contribuir al logro de sistemas productivos más sustentables en la Argentina. Se analizan las potencialidades, alcances, oportunidades, limitantes y desafíos para avanzar con el desarrollo y difusión de estas oleaginosas de invierno en los sistemas productivos de la Argentina.

La producción de oleaginosas, entre ellas el lino, la colza y el cártamo que son el objetivo de este libro, representa un campo de intervención profesional para los Ingenieros Agrónomos en diversos ámbitos y sectores de las cadenas agroalimentarias. Creemos y esperamos que este libro sea un importante material didáctico para consulta y referencia tanto para alumnos de nuestra Universidad como para alumnos de Escuelas Agrarias, otras Universidades y profesionales que trabajan en la producción agropecuaria. Es nuestra intención, que ayude y aporte a todas aquellas personas que se interesen y se acerquen a su lectura. También deseamos que sea un recurso que aporte a la reflexión sobre el rol de los profesionales de la agronomía a fin de afrontar los desafíos necesarios para promover la diversificación y fomentar la inclusión de las oleaginosas de invierno en los sistemas agropecuarios de nuestro país.

*Griselda E. Sánchez Vallduví
Adriana M. Chamorro*

CAPÍTULO 1

Oleaginosas de invierno en la Argentina

Griselda E. Sánchez Vallduví y Adriana M. Chamorro

Inserción de las oleaginosas en el sistema agroalimentario argentino

La producción agropecuaria es una de las actividades más importantes de la humanidad por medio de la cual se obtienen numerosos productos y servicios. Cuando se piensa en ellos, generalmente, se considera a la producción de alimentos y fibras para vestimenta y otros usos. Pero también es importante tener en cuenta la potencialidad de obtener energía y servicios ecológicos esenciales (Sarandón 2020a). En nuestro país, esta actividad es particularmente importante por diversos motivos. La Argentina posee una disponibilidad y una diversidad de ambientes aptos para diferentes producciones agropecuarias, otorgándole grandes posibilidades y a la vez grandes responsabilidades tanto individuales como colectivas.

La producción agropecuaria ha sido un sector de suma importancia en el desarrollo económico y social de la Argentina. Ya hacia fines del siglo XIX el país era un importante productor ganadero y a principios del siglo XX había desarrollado una considerable producción agrícola, posicionándose, como un gran exportador de granos. Con los vaivenes de los sucesos internacionales y las distintas políticas implementadas a nivel nacional, la Argentina se define por ser un país agroexportador, donde el sistema agroalimentario es importante por su generación de divisas y su participación en el producto bruto interno (PBI). Según cifras oficiales, la cadena agroindustrial en el 2015 aportó el 10% de PBI (Bisang et al., 2018) estimándose un valor mayor en un análisis donde se incluyó al sector comercial y el rubro industria manufacturera en general, en el cual sólo parte pertenece a las cadenas agroindustriales (Pisani Claro et al., 2021). La importancia del sector agroindustrial en el ingreso de divisas se debe a que participa con un 68% del total del valor de las exportaciones nacionales, de las cuales, un 30% corresponde al sector de las oleaginosas, siendo responsable la soja del 90% de las mismas, con la particularidad que, dentro del complejo soja, el mayor peso pertenece a sus exportaciones de harinas y pellets (INDEC, 2020).

De acuerdo al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP, 2021), en la campaña 2019/20 se produjeron en la Argentina casi 140 millones de toneladas de grano, correspondiendo un 38% a granos oleaginosos (90% debido a la soja y el 6% al

girasol) y 62% a cereales (67% debido al maíz y 23% al trigo). También se produjeron en esa misma campaña 3,5 millones de toneladas de cítricos, 13 millones de hectolitros de vino, 3,1 millones de toneladas de carne vacuna, 2,2 millones de toneladas de carne aviar, 629 mil toneladas de carne porcina y 10,3 millones de litros de leche bovina. Además, se produjeron 3,2 millones de litros de biocombustibles, correspondiendo 34% a bioetanol (caña de azúcar y maíz) y 66% a biodiesel (soja). Las economías regionales contribuyeron con 1 millón de toneladas de algodón bruto, 335 mil toneladas de brotes de té verde, 813 mil toneladas de hojas de yerba mate, 115 mil toneladas de hojas de tabaco curado y más de 20 millones de toneladas de caña de azúcar. A esto se suman producciones de tipo intensivo como las hortalizas, aromáticas y también otros frutales y otros animales de granja. Toda esta producción además de aportar un ingreso al sector de la producción primaria, en la industria adquiere valor agregado y genera otros puestos de trabajo.

Según los datos del INDEC (2021) para el primer trimestre del 2021 de los 20.564 millones de puestos de trabajo estimados en el país, la agricultura, ganadería, caza y silvicultura insumió 1.257.000 puestos de trabajo de los cuales casi el 68% son asalariados (dentro de ellos el 40% no están registrados), lo que significa un 6% del total del país. En un estudio realizado por Calzada y Treboux (2019) en la Bolsa de Comercio de Rosario (entidad privada), quienes consideraron el empleo directo asalariado registrado por el sector privado en el campo y la agroindustria en el año 2018 (sin computar empleos en comercialización y servicios) indicaron que el número de personas ascendía a un 10%.

El sector agropecuario ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas. A partir de la década de los '70 se inició un gran crecimiento de la superficie destinada a la agricultura, lo que se debió a un aumento del área agrícola y a la contracción de la destinada a la ganadería (Reca, 2005). Paralelamente se registró un incremento en la tasa de producción y de la productividad lo que fue mayor en la agricultura que en la ganadería. La tasa de crecimiento de la producción agrícola creció, entre 1961 y 2013, a una tasa de algo más del 3% anual y la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores de producción lo hizo a un ritmo cercano al 2,5% anual. El aumento de la productividad agrícola se relacionó con cambios en la escala de producción y en la tecnología aplicada a la producción de los cultivos que incluyeron un mayor uso de insumos. El avance de la agricultura se dio con cultivos que obedecieron, entre otros factores, a una lógica de aplicación de tecnologías ahorradoras de costos, resultando en la difusión de la soja, la siembra directa y la reducción del área destinada a la ganadería, y a cultivos de mayor inversión como el maíz (Lema, 2015). A pesar de este aumento de la productividad, el PBI no creció al mismo ritmo, el cual fue proporcionalmente menor al incremento de la productividad y generó un alto costo ambiental y social (Sarandón, 2020a).

El avance de la soja sobre el territorio generó la transformación de la industria procesadora adaptándose a las necesidades de dicho cultivo, acompañando al incremento de su producción con inversiones destinadas a aumentar la capacidad de su molienda (Franco, 2021). No obstante, el importante incremento en el ingreso de divisas desde el sector oleaginoso, originado básicamente a partir de las exportaciones de soja y sus derivados, ocurrió

“al amparo del modelo de revolución verde, el cual pugna por el aumento de los rendimientos por hectárea, por hombre y por máquina” (Nogar et al., 2013), y a partir del cual se han generado numerosas consecuencias no deseadas tanto desde el punto de vista ecológico como socioeconómico (Sequeira et al., 2015).

Modelo de producción imperante en los sistemas extensivos argentinos

La FAO (2021) afirma que “para ser sostenible, la agricultura debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica”. Para que esto ocurra se necesita preservar el ambiente y los bienes comunes y generar condiciones que garanticen la productividad a largo del tiempo cumpliendo los requisitos para lograr la sustentabilidad de los sistemas agroalimentarios (Sarandón y Flores, 2014a; 2014b), lo cual depende en gran parte del grado de disturbio que generan las prácticas agrícolas sobre los agroecosistemas (Viglizzo y Frank, 2006).

Si bien estos conceptos son ampliamente aceptados, la mayor superficie con producción agropecuaria en la Argentina, se lleva a cabo bajo una modalidad que dista de garantizar la posibilidad de alimentar a las generaciones futuras. El paradigma productivo dominante en nuestro país, se caracteriza por la simplificación de los sistemas de producción, lo que ocurre bajo el enfoque de la denominada “Revolución Verde”. Este modelo tiene por objetivo maximizar los rendimientos de pocos cultivos, más rentables y bajo condiciones de alta disponibilidad de insumos derivados del petróleo (combustibles, fertilizantes y agroquímicos), maquinaria y genotipos mejorados de plantas y animales (Sarandón y Flores 2014a).

En Argentina, dicho modelo se profundizó en los últimos veinte años con el objeto de generar divisas a partir de la exportación de productos de origen agropecuario, lo que generó que en la actualidad el grueso de la superficie cultivada en el país, esté destinada a producir divisas y no a aportar en materia alimenticia. Además, a pesar del aumento de la superficie cultivada y del aumento en la productividad (a expensas de la incorporación de paquetes tecnológicos) el aporte del sector agropecuario al PBI creció sólo un 1% en el período comprendido entre 1990 y 2014 (Sarandón, 2020a).

En las últimas décadas, el mencionado modelo de producción reduccionista, ha avanzado tanto en Argentina como en Latinoamérica, ocasionando cambios agroproductivos asociados al avance de la frontera agrícola (Sequeira et al., 2015). En este contexto, se produjo un proceso de “agriculturización” el cual se caracteriza por un creciente reemplazo de los sistemas ganaderos o mixtos por la producción de cultivos en forma continua con tendencia al monocultivo, principalmente con soja (Manuel-Navarrete et al., 2005). Esto se ha agravado a través de un proceso denominado “pampeanización”, que implica el traslado del modelo de producción pampeano a otras zonas, frecuentemente más frágiles, sin considerar los riesgos propios de sus condiciones

agroecológicas. A su vez, este modelo de producción se caracteriza, por un intenso ritmo en la adopción de innovación tecnológica, del empleo de biotecnología y la participación creciente de capital financiero (Gras, 2013). En este período de transformación de los planteos agrícolas se intensificó el uso de agroquímicos, dado que éstos pasaron a ser necesarios para mantener la productividad (Fernández, 2019).

Tanto en la Argentina como en el Cono Sur, este proceso ha tenido como protagonista al cultivo de soja cuya expansión no sólo ocupó áreas destinadas a la agricultura, sino que también generó cambios en el uso de la tierra (Catacora-Vargas et al., 2012). El crecimiento indiscriminado de este cultivo en la Argentina se relaciona con numerosos factores que lo favorecen, haciéndolo funcional a este proceso y que sea en él donde se apoyó el mismo (Pengue, 2001). Entre ellos se pueden mencionar la demanda creciente de soja, principalmente por su aporte en proteína para la alimentación animal, también como materia prima para la producción de biodiesel y costos y precios favorables respecto a otras producciones entre otras ausas, las que la convirtieron en un “cultivo colonizador” (Pengue, 2009). Es así que la soja desplazó cultivos y producciones, las cuales han disminuido drásticamente su área de producción. Los problemas señalados no obedecen a la soja en sí misma sino al proceso actual de agriculturización, el cual se concentra en torno a este cultivo (Leon y Azcuy Ameghino, 2005).

Como resultado de esta intensificación y simplificación de la agricultura se han registrado consecuencias negativas de orden ecológico, económico y social. Entre ellos se puede citar la pérdida de diversidad biológica y cultural, contaminación, dependencia creciente de agroquímicos y otros insumos, pérdida de capacidad productiva de los suelos, exclusión de los productores con menos recursos (Sarandón, 2020a).

Uno de los efectos indeseables del modelo que prevalece en nuestro país es la **reducción de la biodiversidad** de los agroecosistemas (De la Fuente y Suárez, 2008) Se sabe que este recurso es fundamental para que el agroecosistema funcione y provea servicios (Altieri et al., 2014) lo cual está directamente relacionado con la forma de hacer la agricultura y la ganadería. Sin embargo, aunque se reconoce que la biodiversidad es necesaria para la continuidad en el tiempo de dicha producción y a su vez que depende de ella, la forma de producir en nuestro país atenta contra la misma restringiéndola (Sarandón, 2020b).

La pérdida de biodiversidad de los sistemas productivos ocurre a partir de su simplificación, y como consecuencia de ello resultan sistemas más susceptibles a las enfermedades, plagas y variaciones climáticas y son más dependientes de insumos externos que reemplazan las distintas funciones ecológicas (UNEP, 1996; Swift et al., 2004; Pengue, 2009). Se generan sistemas de alta fragilidad ecológica con la consecuente pérdida de resiliencia, lo que pone en duda su productividad en el largo plazo. La pérdida de la facultad de cumplir adecuadamente con las funciones ecológicas lleva a la necesidad de que las mismas sean reemplazadas por el uso de insumos químicos para poder mantener la productividad (Flores y Sarandón, 2020) debido a la pérdida de la capacidad productiva de los suelos a lo largo del tiempo.

La menor biodiversidad es “parcialmente responsable del **aumento en el uso de plaguicidas**” (Sarandón, 2020a). Estos productos, además de afectar a la plaga objetivo, han generado consecuencias colaterales negativas sobre la salud humana y ambiental poniendo en riesgo la sustentabilidad de los sistemas (García, 1997; del Puerto Rodríguez et al., 2014). El mayor uso de plaguicidas implica un mayor costo, pone en peligro la salud de trabajadores y consumidores, afecta la vida de otros organismos no objetivo, se contaminan fuentes de agua, el aire y el suelo (García, 1997; Sarandón, 2020a; Etchegoyen et al., 2017).

Los herbicidas en la Argentina son los plaguicidas que se usan en mayor volumen (CASAFE, 2021). Uno de los efectos negativos de su uso indiscriminado ha sido la modificación en el acervo genético de las comunidades de malezas lo que ha provocado la creciente aparición de biotipos tolerantes y resistentes a los herbicidas, debido a una alta presión de selección (Heap, 2021), lo que ha dificultado el control de malezas en sistemas extensivos y aumentado sus costos. A esto se suma la creciente preocupación de sectores de la sociedad por la peligrosidad de los plaguicidas asociado a las secuelas negativas sobre la salud de las poblaciones. A su vez, han surgido problemas asociados con el uso de insecticidas, lo cual puede ocurrir en forma directa o bien indirecta a partir de la contaminación de la fuente de alimentación (García, 1997). Además, los insecticidas afectan a los depredadores naturales o alteran su comportamiento y la capacidad como predador por lo que no actuará como controlador de la plaga. Otro problema asociado al uso de los insecticidas es la aparición de resistencia de las plagas a determinados productos lo que arrastra a la necesidad de usar cada vez más y nuevos principios activos (Sarandón, 2020a).

El efecto de los plaguicidas alcanza a las personas involucradas en la producción, transporte y la aplicación propiamente dicha, manipulación y limpieza de envases y de los equipos de aplicación. También son afectados los consumidores por los residuos de los plaguicidas en los alimentos o por el contacto directo con el agua, aire y suelo que esté contaminado con alguno de ellos (García, 1997).

Por otra parte, la **extracción de nutrientes** del suelo en forma selectiva tiene como consecuencia el agotamiento de los mismos y la necesidad de reponerlos a partir de fertilizantes, lo que puede conducir a niveles crecientes de contaminación y eutrofización. A este problema se suman los procesos de erosión lo que lleva a la degradación de los suelos (Pengue, 2009).

Paralelamente, con el crecimiento del modelo agroproductivo vigente la productividad de la tierra aumentó, pero han ocurrido profundas **transformaciones estructurales, económicas y sociales** en el agro. Surgieron nuevos actores produciéndose una reorganización del trabajo y de la producción (Gras, 2013). Estas modificaciones significaron una concentración productiva, la tercerización de las tareas y la desaparición de explotaciones (Albanesi, 2007). El proceso de agriculturización asociado a grandes cambios tecnológicos e intensificación productiva ha llevado a la concentración de la riqueza y expulsión de los pequeños y medianos agricultores (Sequeira et al., 2015). El sector productivo pasó a tener más superficie sembrada con un menor número de productores lo que contribuye al “despoblamiento del sector rural” (Fernández, 2019). Las pequeñas y medianas explotaciones disminuyeron un 20% entre 1988 y 2002 (Obschatko et al., 2007) y un 25% entre 2002 y 2018. En este proceso

van siendo eliminadas las explotaciones más débiles y creciendo las de mayor superficie (Azcuay Ameghino y Fernández, 2018), siendo tan sólo 182.590 el número de personas registradas como productores o socios (Censo Nacional Agropecuario, 2018). Además, entran en juego nuevos actores, como empresarios, lo que profundiza aún más el proceso de concentración rural y arrastran a la necesidad de otros actores, tales como los proveedores de servicios y de insumos (Nogar et al., 2013).

Si bien estos agroecosistemas generan una alta productividad de las tierras cultivadas, lo hacen en base al agregado de insumos externos al mismo, los que no siempre son accesibles a todos los sectores socioeconómicos, por lo que, gran número de productores no pueden usarlos provocándose desigualdad de posibilidades. Está claro que si bien el modelo productivo que domina en Argentina genera divisas y empleo para el país, esto es a costa de fuertes transformaciones e impacto en aspectos ambientales y sociales. A partir de su implementación ocurren modificaciones tales como la desigualdad en la concentración de la tierra y la inequidad social, lo que deja en evidencia que no garantiza la seguridad alimentaria y no se realiza con una visión a largo plazo de los efectos que ocasiona sobre el agroecosistema (Flores y Sarandón, 2008; Pengue, 2009; Sequeira et al., 2015). En este contexto se insertan las oleaginosas en la Argentina, entre ellas las de invierno, especies de las cuales nos ocuparemos en este libro, como son el **lino**, la **colza** y el **cártamo**.

El complejo de las oleaginosas en el contexto productivo de la Argentina

Dentro del Sector Agropecuario, el complejo agroindustrial oleaginoso tiene destacada relevancia a nivel mundial, nacional y regional. La cadena de valor de las oleaginosas en nuestro país incluye no sólo la producción primaria, sino también la etapa industrial, en la cual se obtienen el aceite y sus residuos procesados o la obtención de biocombustibles, y también al sector proveedor de insumos, bienes de capital y servicios.

Estas especies poseen aceite en algún órgano que justifica su cultivo y extracción ya sea por su contenido o calidad. De acuerdo a la constitución de los ácidos grasos que forman los lípidos, será el tipo y calidad del aceite, lo que determina su uso y, en caso que sean comestibles, sus propiedades nutricionales. En la mayor parte de los cultivos denominados oleaginosos, el destino es la industria aceitera con diferentes usos tales como comestible, industrial, medicinal, cosmético, etc., de acuerdo a las propiedades de cada aceite. En algunos casos, como la soja, su importancia está dada por su cantidad y/o calidad de proteína. También hay productos de especies oleaginosas que tienen como destino el uso como confiteros (girasol confitero, maní).

La actual tendencia de crecimiento de la oferta y demanda mundial de aceites y las perspectivas de expansión previstas, dan lugar a un escenario actual y futuro de magnitud creciente en cantidad y calidad de aceites y subproductos. Este crecimiento de la demanda del

complejo oleaginoso se relaciona, entre otros factores, a un crecimiento de la población, a un mayor consumo en aquellos países que mejoran sus ingresos, a un incremento en la demanda para ser usados como combustible y a un incremento en la demanda de harinas proteicas destinadas a la alimentación animal. A nivel mundial hubo un aumento de la demanda y del precio de la soja, situación a la que Argentina respondió incrementando la superficie de siembra con dicha oleaginosa.

La superficie sembrada con cereales y oleaginosas en la Argentina se duplicó en los últimos cincuenta años (Figura 1.1). En 1970 las oleaginosas ocupaban menos del 20% del área sembrada, porcentaje que hoy llega al 50%. La evolución de la superficie cultivada estuvo dada por el aumento en la ocupada con oleaginosas, la cual es causa del incremento del área con soja, especie que creció 6 veces durante dicho período. Este avance se acentuó a partir de la inclusión de la soja transgénica que favoreció la difusión de la siembra directa con la disminución de los costos de producción, habiendo llegado a superar los 20 millones de hectáreas, y registrándose en el 2020 cerca de 17 millones. Este crecimiento desproporcionado de una oleaginosa (soja) ocurrió en el marco de un modelo reduccionista y productivista pudiendo ser considerado hoy una situación extrema de monocultivo.

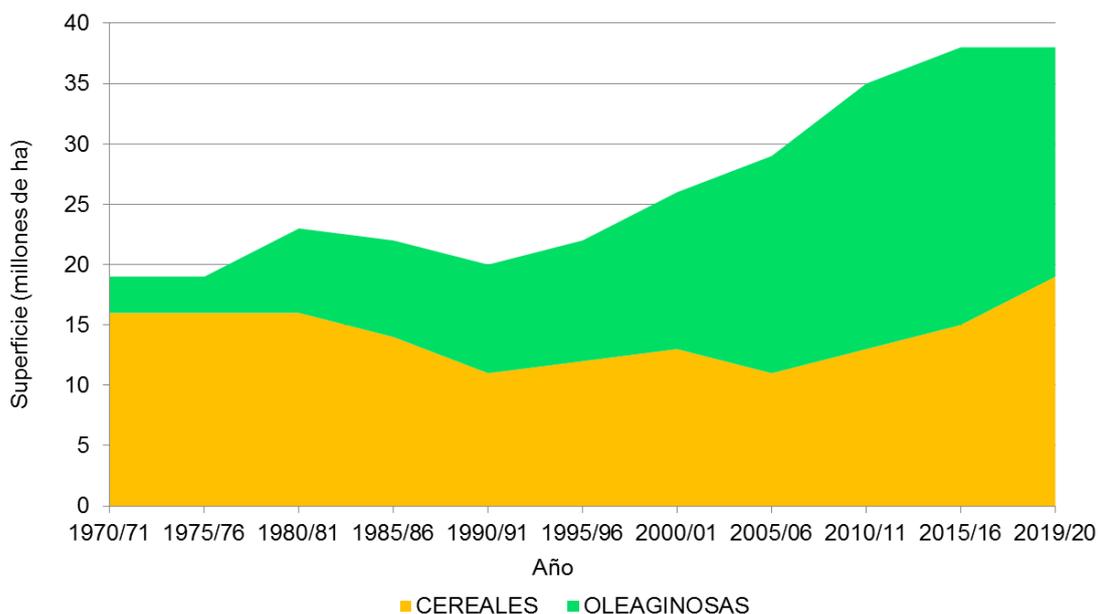


Figura 1.1: Evolución de la superficie sembrada con cereales y oleaginosas en la Argentina. Período 1970-2019.

Elaboración propia en base a datos del Ministerio de agricultura, Ganadería y Pesca (2021).

Las dos principales especies cultivadas como oleaginosas en la Argentina son la soja y el girasol, ambas anuales y estivales. En la **soja** el aceite puede considerarse un co-producto ya que su principal aporte es por la proteína que contiene la semilla, es una especie de amplia adaptabilidad a ambientes de la Argentina y cuya producción tiene como principal destino la exportación para satisfacer la demanda de harinas proteicas para la alimentación animal. Otra oleaginosa de importancia para la Argentina es el **girasol**, cultivo tradicional de

nuestro país que ofrece un aceite comestible de muy buena calidad, se adapta a una amplia zona agroclimática y con posibilidad para ser incluido en las rotaciones agrícolas ganaderas. Este cultivo, no ha quedado afuera de sufrir las consecuencias del modelo hegemónico, habiendo registrado una importante disminución en el área sembrada y un desplazamiento a zonas marginales. Sin embargo, sigue teniendo una importante participación en el mercado nacional, siendo Argentina uno de los primeros países exportadores de aceite de girasol y, en los últimos años, se ha registrado una recuperación en su superficie. La oleaginosa que ocupa el tercer lugar en superficie sembrada con oleaginosas en Argentina es el **maní**, el cual, en nuestro país, se realiza con el objetivo de comercializarse para consumo directo de la semilla (maní confitería), obteniéndose aceite de aquellas partidas que no califican como tal. Además, el maní tiene múltiples usos por su aporte proteico en la elaboración de diversos productos alimenticios. En Argentina se caracteriza por tener una importancia regional principalmente en la provincia de Córdoba. Otra especie anual de verano es el **algodonero**. En este caso, el aceite obtenido a partir de su semilla, puede considerarse un sub-producto ya que el producto principal es la fibra.

Dentro del complejo oleaginoso de nuestro país, también hay especies de hábito perenne, como el olivo, la jojoba, el tung y el ricino, aunque este último se cultiva como anual en zonas con heladas. Estos cultivos tienen una lógica de producción diferente a los cultivos extensivos, se adaptan a zonas específicas de nuestro país y aportan un producto de calidad específica para distintos usos.

Las especies oleaginosas anuales de ciclo invernal que se siembran en la Argentina son el **lino**, la **colza** y el **cártamo**. Las tres son importantes alternativas a los cereales o verdeos de invierno, pueden aportar materia prima a la industria en momentos en los cuales la misma podría estar ociosa y además se adaptan a una amplia zona de producción del país por lo cual constituyen una valiosa alternativa de producción para la diversificación productiva. Particularmente, el cártamo es una especie que se caracteriza por adaptarse a regiones que pueden considerarse marginales para las oleaginosas llamadas pampeanas. Además, estos tres cultivos oleaginosos se caracterizan por aportar aceite de calidad especial que los distinguen de las oleaginosas más tradicionales de nuestro país (Capítulo 2). A pesar de ser interesantes alternativas a tenerse en cuenta para ser incorporadas en las rotaciones como cultivos de invierno, el área sembrada con oleaginosas de invierno es muy baja, registrándose menos del 0,5% del área total de oleaginosas con dichas especies. Si bien históricamente el área sembrada con oleaginosas estivales fue mayor respecto a las invernales, esta desproporción se vio profundizada en los últimos 50 años, la cual pasó de ser de un 70% en 1970 a casi 100% en 2019 (Figura 1.2).

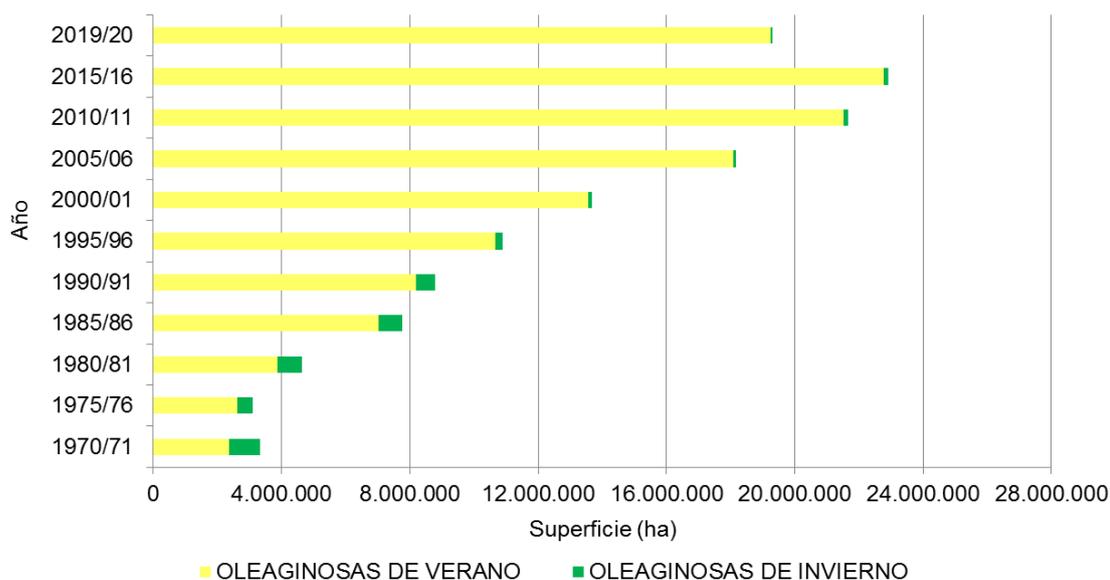


Figura 1.2: Evolución de la superficie sembrada con oleaginosas de verano y oleaginosas de invierno en la Argentina. Período 1970-2019

Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2021)

Este cambio ocurrió y sigue ocurriendo de la mano de una creciente demanda internacional de granos principalmente proveedores de proteína, donde la soja toma un lugar predominante, siendo el cultivo que, actualmente, participa con cerca del 90% de la superficie con oleaginosas en nuestro país (MAGyP, 2021). El desbalance productivo y la dificultad de crecimiento de las oleaginosas de invierno, ocurrió en el contexto donde, en la Argentina, fueron sucediendo procesos de reestructuración a partir de los cuales pasó a primar la valoración financiera y las estrategias empresariales (Nogar et al., 2013), ocupando éstas un lugar central. Sumado a estas transformaciones, sucedió el cierre de fábricas o la adaptación de otras para la soja. En este contexto se profundizó el abandono de la diversificación productiva y la disminución de las rotaciones agrícola-ganaderas (Albanesi, 2007) por lo que resulta dificultosa la decisión de considerar cultivos alternativos a los enmarcados en el modelo hegemónico. Esta realidad es parte de los motivos que han definido la disminución del área sembrada con lino en la Argentina, un cultivo con historia en nuestro país, o dificultan la inclusión de otras oleaginosas de invierno en las rotaciones, como son la colza y el cártamo, teniendo estas tres especies oleaginosas potencialidad para su desarrollo en nuestro país y la posibilidad de generar productos de calidad y aportar a un sistema agroalimentario diversificado.

Referencias

- Albanesi, R. P. (2007). La modernización en el devenir de la producción familiar capitalizada. *Revista Mundo Agrario*, 7 (14), 1-12.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. y Montalba, R. (2014). El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. *Revista de agroecología*, 30 (1), 5-8.

- Azcuy Ameghino, E. y Fernández, D. (2018). El Censo Nacional Agropecuario 2018: visión general y aproximación a la región pampeana. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 51, 5-36.
- Bisang, R., Brigo, R., Lodola, A. y Domorra, F. (2018). Cadenas de valor agroalimentarias. Evolución y cambios estructurales en el siglo XXI. *Cadenas Agroalimentarias, MAGyP*, V 29 Recuperado de: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/pdf/Cadena-Agroalimentarias-v29-01-19.pdf
- Calzada, J y Treboux, J. (2019). Importancia económica del sector agropecuario y agroindustrial en la República Argentina. *Informativo Semanal Mercados de la Bolsa de Comercio de Rosario*. AÑO XXXVII (1927), 2-9. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/importancia>
- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). (2021). Proporción de la facturación en el mercado argentino según tipo de pesticidas. Recuperado de <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2013.pdf>
- Catacora-Vargas, G.; Galeano, P., Agapito-Tenfen, S., Aranda, D., Palau, T. y Nodari-Onofre, R. (2012). Producción de soya en el Cono Sur de las Américas: Actualización sobre el uso de tierras y pesticidas. Cochabamba, GenØk / UFSC / REDES-AT / BASE-Is. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CatacoraVargas-et-al-12-Soya-Sudamerica-Tierra-pesticidas.pdf>
- Censo Nacional Agropecuario (2018) Informe definitivo. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf
- de la Fuente, E. y Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral*, 18, 239-252.
- del Puerto Rodríguez, A. M., Suarez Tamayo, S. y Palacios Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52 (3), 1-9.
- Etchegoyen, M. A., Ronco, A. E., Almada, P., Abelando, M. y Marino, D. J. (2017). Occurrence and fate of pesticides in the Argentine stretch of the Paraguay-Paraná basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 63, 12 p.
- Fernández, D. A. (2019). “Un desierto verde”. La agricultura pampeana (1988-2018): cosechas récord y crisis de la producción chacarera. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 19 (1), 151-173.
- Flores, C.C. y Sarandón, S.J. (2008). Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio cumplir con las metas de la sustentabilidad? Análisis de un caso de la Región de Tres Arroyos. Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*, 3 (3), 55-66.
- Flores, C.C. y Sarandón, S.J. (2020). Manejo de la biodiversidad en agroecosistemas. En: Sarandón, S. J. (Coordinador) *Biodiversidad, Agroecología y agricultura sustentable* (341-366), La Plata, EDULP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1091414>
- FAO (Organización de las naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). (2021). Alimentación y agricultura sostenibles. Recuperado de <https://www.fao.org/sustainability/es/>

- Franco, D. (2021). El complejo oleaginoso hoy. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=38>
- García, J. E. (1997). Consecuencias indeseables de los plaguicidas en el ambiente. *Agronomía Mesoamericana*, 8 (1), 119-135.
- Gras, C. (2013). Agronegocios en el Cono Sur. Actores sociales, desigualdades y entrelazamientos transregionales. *Working Paper Series*, 50. Publicado por desigualdades.net. Recuperado de: <https://www.desigualdades.net>
- Heap, I. (2021). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Recuperado de: <https://www.weedscience.org>
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, República Argentina). (2020). Complejos exportadores. *Informes técnicos*, V 5 (38) Recuperado de: https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/complejos_03_21311B84F340.pdf
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, República Argentina.) (2021). Cuenta de generación del ingreso e insumo de mano de obra. *Informes técnicos*, V 5 (128). Recuperado de: https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/cgi_07_2128BB088431.pdf
- Lema, D. (2015). Crecimiento y productividad total de factores en la agricultura argentina y países del Cono Sur 1961-2013. *Serie de informes técnicos del Banco Mundial en Argentina, Paraguay y Uruguay*. 1(2015), 63 p. Recuperado de: https://ucema.edu.ar/6/sites/default/files/2016/novedades/paper_lemma_2015.pdf.
- Leon, C. y Azcuy Ameghino, E. (2005). La concentración de la producción y exportación agraria de Argentina en torno al cultivo de soja ("Sojización"). *X Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Escuela de Historia de la Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional del Rosario. Departamento de Historia de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Nacional del Litoral, Rosario. (1-21) Recuperado de: <https://cdsa.aacademica.org/000-006/802.pdf>
- Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Díaz-Zorita, M., Ferraro, D., Herzer, H., Laterra, P., Morello, J., Murmis, M., Pengue, W., Piñeiro, M., Podestá, G., Satorre, E., Torrent, M., Torres, F., Viglizzo, E., Caputo, M. y Celis, A. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. *Repositorio Digital de la Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL), Serie Medio Ambiente y desarrollo*, 118. 65 p. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5656>
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación). (2021). Informes técnicos y estimaciones. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/informes-tecnicos-y-estimaciones>
- Nogar, M. L., Nogar, A. G. y Jacinto, G. P. (2013). Transformaciones y fragilidades ambientales en la pampa argentina. *Revista Latino-Americana de Historia*, 2 (8), 75-93.
- Obschatko, E. S., Foti, M. del P. y Román, M. E. (2007). Los pequeños productores en la república Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo

- Nacional Agropecuario 2002, *PROINDER-SAGPyA / IICA-Argentina*, 1-155. Recuperado de: <http://repiica.iica.int/docs/B0676e/B0676e.PDF>
- Pengue, W. A. (2001). Expansión de la soja en Argentina, globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética un modelo para armar. *Revista biodiversidad*, N° 29:7-12.
- Pengue, W. A. (2009). Cuestiones económico-ambientales de las transformaciones agrícolas en las pampas. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 40 (157), 137-161.
- Pisani Claro, N., Miazzi, D. y Ariño, N. (2021). Aporte de las cadenas agroindustriales al PBI. Año 2020. Recuperado de: <https://fundacionfada.org/informes/aporte-de-las-cadenas-agroindustriales-al-pbi/>
- Reca, L. G. (2005). El sector agropecuario argentino: despegue, caída y resurgimiento (1875-2005). *Estudios económicos*, 23 (47), 91–118.
- Sarandón, S. J. (2020a). *El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina*. Serie Cuadernos de la transformación, 11. México, Friedrich Ebert Stiftung.
- Sarandón, S. J. (2020b). Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable. En: S.J. Sarandón (Cordinador) *Biodiversidad, Agroecología y agricultura sustentable* (13-36). La Plata, EDULP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109141>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014a). La insustentabilidad del modelo de agricultura actual. En: Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (Coordinadores), *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (13-41). La Plata. EDULP. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014b). La agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable. En: Sarandón S. J. y Flores, C. C. (Coordinadores), *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*, (42-69). La Plata. EDULP. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Sequeira, N., Vazquez, P. y Zulaica, L. (2015). Consecuencias ambientales de la expansión agrícola en el partido de Benito Juárez (Buenos Aires, Argentina), en el período 2003-2011. *Revista Electrônica Geoaraguaia Barra do Garcas-MT*, 5 (2), 26-49.
- Swift, M. J., Izac, A. M. N. y van Noordwijk, M. (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104, 113-134.
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (1996). Convention on biological diversity. p 29. Recuperado de: <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-02/official/sbstta-02-10-en>
- Viglizzo, E. F. y Frank, F. C. (2006). Land-use options for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecological Economics*, 57, 140-151.

CAPÍTULO 2

Importancia económica, usos y propiedades de lino, colza y cártamo

*Andrea V. Dellepiane, Griselda E. Sánchez Vallduví
y Adriana M. Chamorro*

Características y usos del producto

Las oleaginosas constituyen uno de los grupos de cultivos de mayor producción, investigación y comercialización a nivel mundial. Entre ellas se encuentran el lino, la colza y el cártamo. Su importancia radica en la variada cantidad de usos a los que se puede destinar el aceite extraído de sus semillas y los subproductos derivados de esa extracción como tortas, expellers, harinas y pellets. También, según la especie, se utilizan otros órganos de la planta como los tallos, las flores y las hojas e incluso las semillas para un destino diferente al oleaginoso. Sin embargo, estos usos dependen de cada especie y pueden prevalecer unos u otros según la zona de producción de acuerdo a características culturales, tecnológicas o de mercado.

Lino

El lino (*Linum usitatissimum* L.) es una especie herbácea de crecimiento anual con características morfofisiológicas variables de acuerdo a las cuales se han obtenido cultivares que se destinan a dos usos principales, textil u oleaginoso y, en algunos casos, a un uso mixto (Ministerio de Agricultura, 1953). El destino oleaginoso se relaciona con el contenido de materia grasa en la semilla, que puede variar en función de la genética, el ambiente y la tecnología de cultivo (Capítulos 3 y 4). Según evaluaciones realizadas en Paraná, Argentina, los porcentajes de aceite de distintos cultivares variaron entre 42% y 44% (Milisich et al., 2009) mientras que para el lino cultivado en Canadá se citan valores promedio de alrededor de 41% (Flax Council of Canada, 2021). Este aceite está constituido por diferentes ácidos grasos, con una elevada proporción de ácidos poliinsaturados, que son esenciales para los seres humanos y deben ser adquiridos a través de los alimentos, ya que el cuerpo no los sintetiza. También se encuentra el ácido monoinsaturado, oleico, y los saturados, palmítico y esteárico, que representan la menor proporción. Los ácidos poliinsaturados son el alfa linolénico, que es uno de los ácidos grasos de la serie

omega-3 (generalmente llamado como omega 3) y linoleico que pertenece a las serie omega-6, por lo cual se lo denomina omega 6, y si bien son los ácidos grasos que se encuentran en mayor proporción, sus contenidos pueden variar en función de la temperatura durante el llenado de la semilla, la zona de cultivo y la variedad. Así, mientras que el Flax Council of Canada (2021) cita valores de 57% para el linolénico y 16% para el linoleico, en evaluaciones realizadas en Paraná (Argentina), la composición en ácido linolénico no varió entre distintos cultivares y estuvo alrededor del 48%, pero sí se diferenció significativamente el ácido linoleico, con valores entre 13% y 19% de acuerdo al cultivar (Gallardo et al., 2014). Estos autores indican que variaron también los contenidos de ácidos grasos saturados entre 11% y 15%, mientras que el oleico presentó un promedio de 26% para todos los cultivares. En Canadá se citan valores de 9% de ácidos grasos saturados (palmítico más esteárico) y 18% de oleico (Flax Council of Canada, 2021).

El aceite de lino ha sido utilizado habitualmente con fines industriales para la elaboración de pinturas, barnices y resinas para el tratamiento de maderas, jabones, tintas para impresión, etc. Este uso se ha relacionado con su alta capacidad secante en contacto con el aire debido al contenido de ácidos grasos poliinsaturados que le confieren un elevado valor de índice de iodo, el que varía entre 160 y 210 (Acosta, 1980) y es significativamente superior comparado con otros aceites vegetales (Giménez y Sorlino, 2006). También es importante el aporte en proteínas de su semilla cuyo contenido (26-28%) en el subproducto de la extracción del aceite se eleva a 40-43% (base seca) constituyendo una valiosa fuente para la suplementación (Bertoni y Cattaneo, 1972).

La elevada proporción de estos ácidos grasos y otros componentes de la semilla con propiedades beneficiosas para la salud, han contribuido a generar, más recientemente, un uso diferente del lino, como complemento nutricional, medicinal y cosmético. El omega 3, omega 6 y los lignanos, poseen un elevado poder antioxidante, reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, artritis reumatoide y cáncer. Los mucílagos contenidos en la fibra cumplen un rol importante al prevenir y curar la condición de estreñimiento. De acuerdo con estos beneficios, se ha incrementado el consumo de semilla de lino a través de su incorporación en pequeñas cantidades, en productos de panificación, lácteos y pastas (Singh et al., 2011). También pueden obtenerse carne o huevos ricos en omega 3 al suministrarse suplementos con lino a aves de corral o cerdos (Baucells et al., 2000). En la década del '80, se obtuvieron en Canadá y Australia algunas variedades de lino (solin) con menos de 5% de ácido alfa linolénico, que se destinaban a la extracción de aceite para uso comestible (Green, 1986). Sin embargo, este uso no se ha difundido y ya no se producen comercialmente por el escaso desarrollo de sus nichos de mercado (Flax Council of Canada, 2021).

El uso del lino como textil fue anterior a su uso como oleaginoso y fue una de las primeras materias para hilar conocidas por la humanidad. Se han hallado tejidos de lino que fueron empleados como lienzos para la envoltura de momias en Egipto, vestimentas y cortinados. En estas civilizaciones antiguas, los productos del lino eran muy apreciados para el trueque y la venta (Altgelt, 1958). El cultivo del lino se extendió a América durante el siglo XVIII y alcanzó su máximo esplendor mundial durante la Segunda Guerra Mundial. En el siglo XIX, el cultivo masivo del

algodón desplazó al lino y definitivamente, su cultivo fue muy minoritario cuando aparecieron las fibras sintéticas en el siglo XX. Para el uso textil del lino se utilizan las fibras, células esclerenquimáticas del tallo, que se destacan por su longitud, variable entre 60 y 120 cm, y se extraen mediante el proceso de “enriado” que se realiza por diferentes procedimientos con agua, vapor o sustancias químicas. Las variedades que se han seleccionado para uso textil, se caracterizan por tener tallos altos y rectos que generalmente no poseen ramificaciones basales (Amit y Hall, 2010). Estas fibras se destinan al hilado para la obtención de telas que son reconocidas por su resistencia y sus propiedades aislantes otorgando frescura a las prendas de vestir.

Los residuos del hilado se emplean generalmente para la fabricación de papel. Las fibras cortas que poseen los tallos de lino oleaginoso, también pueden utilizarse para la fabricación de papeles especiales, estopa y recientemente, en Canadá, se ha orientado su uso a la fabricación de paneles para puertas de automóviles, macetas y tapetes de retención (Flax Council of Canada, 2021).

Colza

El aceite de especies de *Brassica* fue utilizado desde la antigüedad. Existen registros históricos que han documentado el uso de colza en India, China y Japón desde el año 2000 A.C. En Europa se difundió su cultivo en el siglo XIII debido a que era una de las pocas especies oleaginosas capaz de prosperar en climas templados (Canola Council of Canada, 2021). Las características del aceite de colza y sus subproductos, determinaron diferentes usos a través del tiempo. Las colzas tradicionales presentaban un elevado contenido de ácidos grasos de cadena larga como el ecocenoico y el erúcico. La presencia de este último resultaba perjudicial por provocar alteraciones del miocardio en animales cuya dieta incluía esta clase de colza por lo que su aceite se destinaba a fines industriales (IASCAV, 1993). Su uso principal era como combustible para artefactos de iluminación por su particularidad de generar una llama blanca sin humo. Durante la Segunda Guerra Mundial se difundió su uso como lubricante en el ámbito naval, ya que el alto contenido de ácido erúcico en el aceite le aportaba la capacidad de repeler el agua (Canola Council of Canada, 2021). Posteriormente se encontraron otras aplicaciones del aceite de colza, como la fabricación de jabones, detergentes, materiales plásticos y en la industria de la cosmética, pinturas y agroquímicos (Iriarte y Valetti, 2008). Aunque los efectos cardiotoxicos del aceite de colza tradicional no fueron comprobados en los seres humanos, por precaución, se recomendó reducir el contenido de ácido erúcico a menos de 5% para obtener un aceite apto para consumo humano (IASCAV, 1993). Asimismo, se buscaba disminuir la cantidad de glucosinolatos, compuestos presentes en la harina y derivados de la extracción del aceite, que provocaban efectos deletéreos en monogástricos y, por lo tanto, restringían el uso de este producto en la alimentación animal (Giayetto, 1995).

A partir de 1970 se comenzó a investigar sobre el desarrollo de nuevas variedades de colza con bajo contenido de ácido erúcico en el aceite y de glucosinolatos en la harina. Canadá y

Francia fueron pioneros en el desarrollo de estas variedades que se denominaron CANOLA (Canadian Oil Low Acid) o COLZA 00 respectivamente. Según la norma de calidad para su comercialización en Argentina, SAGyP 1075/94, se permite hasta un 2% de ácido erúcido en el aceite y hasta 20 micromoles de glucosinolatos por gramo de grano. También, de acuerdo a esta norma, se establece una base de 43% de materia grasa en la semilla, aunque el valor más habitualmente encontrado en la colza cultivada en Argentina varía entre 45% y 52% (Iriarte y Valetti, 2007).

Respecto a la composición del aceite de colza comestible, éste posee la más baja proporción de ácidos grasos saturados y, entre los poliinsaturados, la mayor cantidad de linoléico u omega 3, comparado con otros aceites vegetales de fines culinarios. También posee un alto contenido de ácidos monoinsaturados deseables (oleico u omega 9) y es fuente de grasas omega 6 (Figura 2.1).

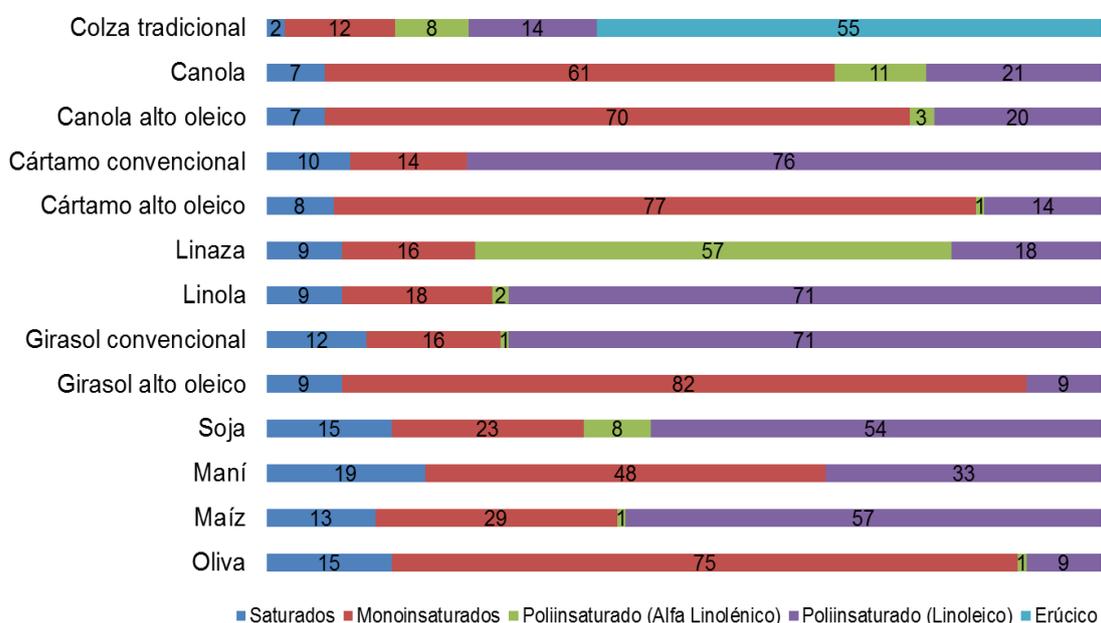


Figura 2.1: Composición de ácidos grasos en aceites vegetales. Los valores se expresan en gramos de ácido graso en 100 gramos de porción de aceite comestible.

Elaboración propia en base a datos de ASAGIR (2008), Katkade et al. (2018), Canola Council of Canada (2021) y Flax Council of Canada (2021)

De acuerdo a estas características el aceite de colza representa un producto de elevada calidad para el consumo humano, ya que reduce el colesterol total, aumenta los niveles de tocoferol, previene el crecimiento de células cancerosas y aporta beneficios para el tratamiento de enfermedades cardíacas, diabetes y síndrome metabólico (Lin et al., 2013). En algunos países de Asia y norte de Europa, el aceite de colza se encuentra muy difundido y se utiliza ampliamente como aceite de cocina, así como en productos hidrogenados como la margarina. Además, se han obtenido por aplicación de mutagénesis, cultivares con altos niveles de ácido oleico (Figura 2.1) que permiten mejorar la estabilidad química disminuyendo la rancidez oxidativa característica de los aceites con elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Este tipo de aceite se utiliza

en el procesamiento de alimentos, para cocinar, freír y hornear ya que evita la aparición de olores y sabores desagradables ante reiteradas cocciones (Canola Council of Canada, 2021).

Las tortas, expellers y harina de colza constituyen productos de muy buena calidad para la alimentación animal, ya que poseen un elevado contenido de proteína (40-43%) y un excelente perfil de aminoácidos. Se digiere fácilmente y es muy apetecible. Se utiliza para la alimentación de ganado bovino productor de carne y leche, animales de corral y peces.

Otro destino del aceite de colza es la producción de biocombustible que se utiliza como aporte de energía alternativa para suplir, parcialmente, a los combustibles derivados del petróleo. Este uso está difundido para el cultivo de canola, principalmente en países de la Unión Europea (OCDE-FAO, 2020). Las propiedades y los diferentes usos de la colza, permiten que actualmente, en el mercado mundial, coexistan la colza tradicional y la canola ya que cada una de ellas posee un nicho de mercado específico y las estadísticas no las diferencian.

Cártamo

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se conoce desde la antigüedad por el aprovechamiento de sus tallos, hojas, flores y semillas que se destinan a diferentes usos y por lo tanto es considerado como un cultivo multipropósito. Originariamente fue cultivado en Egipto, Marruecos, China e India para la obtención de pigmentos presentes en las flores conocidos como cartamina (pigmento rojo) y cartamidina (pigmento amarillo). Estos pigmentos se utilizaban como tintura en prendas de vestir y para dar color a diferentes alimentos y bebidas (Zehra, 2005). El uso de cártamo como colorante natural persiste en la actualidad y se utiliza como aditivo en algunos alimentos como arroz, sopa, salsa y pan, y en la industria cosmética para elaborar shampoo, cremas, maquillaje y jabón, entre otros productos. En algunos países asiáticos se encuentra difundido su uso como especie medicinal y terapéutica, para lo cual se elaboran varios productos a partir de flores secas, hojas y aceite para prevenir enfermedades vasculares y cardíacas, disminuir la hipertensión y el colesterol, tratar los desórdenes menstruales y enfermedades respiratorias, etc. (Delshad et al., 2018).

En algunos países como Italia, Israel y México se ha evaluado el uso de variedades sin espinas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L. var. *inermis*) como forraje. Esta especie tiene la capacidad de crecer en condiciones rústicas y proveer un forraje de alta calidad por su elevado contenido de aminoácidos y minerales. Los tallos y hojas pueden aprovecharse mediante pastoreo o conservarse mediante ensilado (Danieli et al., 2011).

Además, las semillas de cártamo se utilizan, mezcladas con otras, para alimento de aves y en la elaboración de piensos para pequeños animales. Para esta finalidad, y como efecto atractivo, se utilizan variedades que poseen las semillas de color blanco brillante (GRDC, 2017).

El uso del cártamo como especie oleaginosa se remonta a la época romana, y se ha utilizado en India desde el siglo XIX. Sin embargo, este uso se difundió a partir de 1930 y se expandió a varios países, donde se lo cultiva actualmente con esta finalidad (GRDC, 2017). La semilla de

cártamo puede contener desde 20% a 45% o más de aceite (Zehra, 2005). De acuerdo a ensayos realizados con algunas variedades en la región semiárida pampeana argentina, el contenido de aceite estuvo en un rango comprendido entre 46% y 60% (Mirassón et al., 2011).

En un principio el destino del aceite era la industria, y se usaba para la elaboración de pinturas, especialmente blancas y/o claras, ya que disminuía el amarillamiento asociado al paso del tiempo (Smith, 1996). Posteriormente, el aceite comenzó a destinarse a la alimentación humana, dándole diferentes usos de acuerdo a sus propiedades que pueden ser variables según la composición de ácidos grasos del genotipo cultivado. Hay variedades que poseen un elevado contenido de ácidos poliinsaturados (71% a 75% de linoleico, Coşge et al., 2007) que le confiere al aceite propiedades beneficiosas para la salud, el cual es utilizado para condimento de ensaladas, mezclado con otros aceites vegetales, y también, mediante el proceso de hidrogenación, es utilizado en la elaboración de margarina (GRDC, 2017). Para este último uso, el aceite de cártamo, es más adecuado que el de soja y el de colza (Kleingarten, 1993). Sin embargo, por la elevada insaturación, se polimeriza fácilmente y no presenta estabilidad a altas temperaturas, por lo que no es adecuado utilizarlo reiteradas veces en cocción o frituras. Para esto, existen variedades con alrededor de 80% de ácido monoinsaturado (oleico), que producen un aceite estable, ideal para freír sin desprendimiento de humo u olor desagradable (Gyulai, 1996; GRDC, 2017). El aceite de cártamo también es utilizado en la fabricación de lubricantes industriales, jabones, productos farmacéuticos y cosméticos.

También se menciona la posibilidad de utilización del aceite de cártamo como biocombustible (Rivas y Matarazzo, 2009).

Producción y comercio mundial de lino. Situación nacional

El lino es una especie difundida en regiones templadas y templado frías del mundo. Se lo cultiva desde el Ecuador (Etiopía) hasta el círculo polar (Rusia, Canadá). Existen cultivares de tipo invernal y otros primaverales, los que se diferencian en la tolerancia al frío y se adaptan a distintos climas. Su cultivo con destino textil tuvo un gran desarrollo en Europa Occidental durante el siglo XVIII y principios del XIX, pero luego comenzó a ser reemplazado por otras fibras, como la de algodón (Lay y Dybing, 1989) y más tarde, por fibras sintéticas. A partir de esta situación, se produjo una disminución de su producción y superficie sembrada. La Unión de las Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) encabezó el ranking de producción mundial de fibra y estopa hasta los años '90 y a partir de entonces, Francia se convirtió en el principal productor mundial, seguido por Bélgica, Rusia, Belarús y China. Para el año 2019 se produjeron 1,08 millones de toneladas en un área cosechada de 259 mil hectáreas (FAO, 2021). La disminución en la demanda de lino textil durante el siglo XX ocasionó un mayor desarrollo del cultivo con destino oleaginoso (Alburquerque y Pascual Villalobos, 1996). Sin embargo, hacia la segunda mitad de este siglo, la producción mundial de aceite de lino comenzó a disminuir debido a la sustitución por productos de origen sintético y al desplazamiento de este cultivo por otros más rentables (Giménez y Sorlino,

2006). Esta tendencia decreciente no fue estable y hubo períodos donde se observó una reactivación, pero la disminución en la producción de semilla de lino con destino oleaginoso hasta ahora no se pudo revertir, y los valores actuales de área cosechada y producción son significativamente menores a los de principios del siglo XX registrándose cerca de 3 millones de hectáreas y 3 millones de toneladas respectivamente para el año 2019 (FAO, 2021).

A nivel mundial, los países donde se ha dado la mayor producción de lino para obtención de aceite fueron Canadá, Argentina, Estados Unidos, India y URSS que representaban un 84% de la producción mundial durante las décadas del '60 y '70. A partir de la década del '80 aparecieron China, Reino Unido y Etiopía entre los principales productores y a partir del año 2011, Kazajstán se incorporó a esta lista y es, actualmente el primer productor, seguido por Rusia, Canadá y China (FAO, 2021) (Figura 2.2).

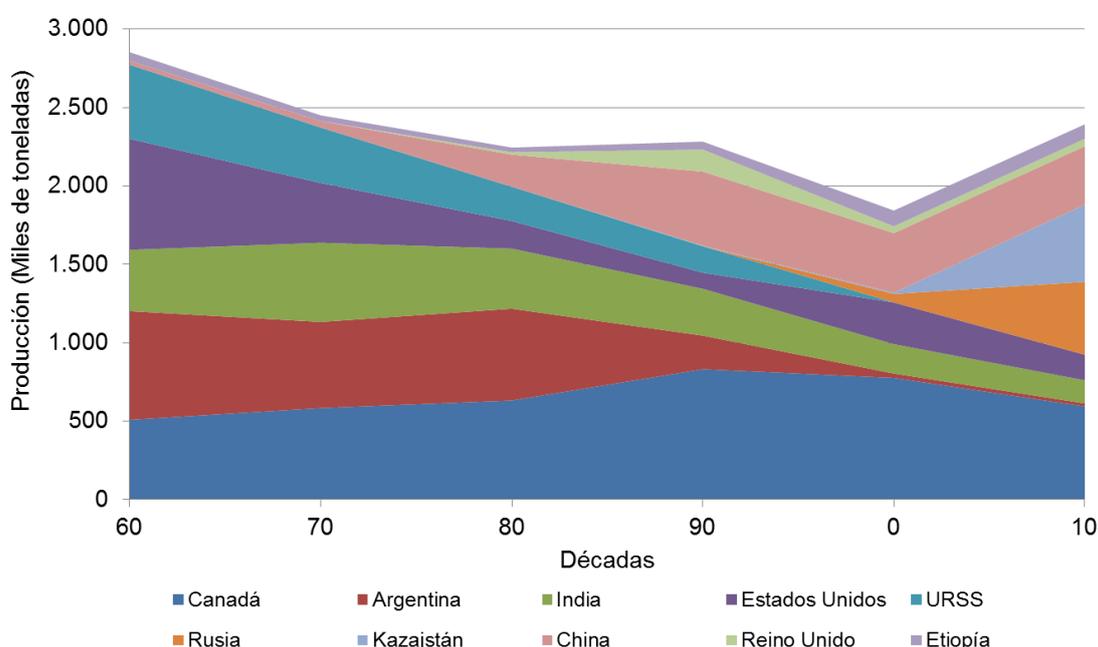


Figura 2.2: Principales países productores de lino oleaginoso entre las décadas del '60 y del '10

Elaboración propia en base a datos de FAO (2021)

Respecto a los rendimientos en grano de los principales países productores, Canadá y China poseen valores algo inferiores a $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ mientras que Rusia y Kazajstán se encuentran por debajo, con alrededor de $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Estos países han sido los mayores exportadores de semilla de lino en los últimos años. Entre 2018 y 2019 las exportaciones mundiales crecieron alrededor de un 10% alcanzando para este último año un valor de 1,9 millones de toneladas. Mientras que los principales importadores fueron Bélgica, China y Alemania (FAO, 2021).

Respecto a la situación nacional, el cultivo de lino comenzó a tener importancia hacia fines del siglo XIX y su destino principal era la industria textil para la elaboración de lienzos y paños. Posteriormente, tuvo mayor preponderancia el cultivo de esta especie con fines oleaginosos para la extracción de aceite y subproductos de la semilla. Durante las décadas del '20 y del '30, la

producción y el área sembrada experimentaron un acelerado crecimiento con valores promedio anual de 1,6 millones de toneladas y 2,5 millones de hectáreas en el período 1920/39. Este crecimiento estuvo vinculado a las condiciones ambientales favorables para el cultivo en nuestro país y a la demanda internacional, donde Argentina ocupó un lugar predominante exportando entre el 70 y 80% del volumen total del comercio internacional. También se realizó la introducción de material genético y la instalación de fábricas textiles. Sin embargo, desde 1940 hasta 1955, la superficie se redujo rápidamente llegando a ser la cuarta parte de la correspondiente al período anterior, debido principalmente a una disminución de las exportaciones provocada por el crecimiento de Estados Unidos y Canadá como productores lineros. Al cabo de este período la producción volvió a ser impulsada por la implementación de políticas estatales, pero a partir de 1965, el área sembrada con lino comenzó a decrecer, fluctuando entre 400 y 800 mil hectáreas en las décadas del '70 y el '80. Esta tendencia decreciente continuó y se acentuó a partir de la campaña 2000/01 con valores inferiores a 50 mil hectáreas sembradas con lino, que se mantienen hasta la actualidad (MAGyP, 2021).

El lino se industrializaba en pequeñas fábricas situadas en Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires, donde se elaboraban principalmente expeller para alimentación animal con omega 3 y aceite crudo para la fabricación de pinturas, tintas, resinas y barnices. El cierre progresivo de estas fábricas, la sustitución del aceite de lino con productos sintéticos y la desaparición de la Unión Soviética, fueron las principales causas que ocasionaron la disminución de la superficie y producción linera. En la campaña 2020/21 la producción fue de alrededor de 19 mil toneladas en una superficie sembrada de 14 mil hectáreas que corresponden en un 98% a la provincia de Entre Ríos. Según las referencias históricas, el lino también se cultivó en Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Santiago del Estero, Chaco y Corrientes, pero ninguna de estas provincias se mantuvo con una producción estable en el tiempo y, en las últimas campañas, solamente Buenos Aires y Córdoba aparecen en los datos estadísticos con menos de 1000 hectáreas sembradas (MAGyP, 2021).

En cuanto a los rendimientos, el promedio nacional fue de aproximadamente 800 kg.ha⁻¹ hasta principios de los años 2000, variando entre años y provincias productoras. A partir de la campaña 2005/06 y hasta la actualidad se produjo un aumento y el rendimiento promedio llegó a un valor cercano a 1400 kg.ha⁻¹. En zonas áridas los mayores rendimientos en grano y aceite se lograron en años húmedos (Zingaretti et al., 2018). A nivel experimental, los rendimientos en Entre Ríos se mantuvieron cercanos a los registrados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP, 2021) y los cultivares evaluados no se diferenciaron estadísticamente en los rendimientos en grano obtenidos, aunque hubo cultivares que se destacaron respecto a los demás por presentar elevados contenidos de aceite que rondaron en un 44% (Milisich et al., 2009). Además, el atraso en la fecha de siembra de junio a julio en Paraná, tuvo un efecto negativo tanto en la producción de semilla como en su contenido de aceite (Gallardo et al., 2014).

Producción y comercio mundial de colza. Situación nacional

Para *Brassica campestris* se consideran como regiones de origen Asia, Región Mediterránea y Europa Occidental. *Brassica napus* se originó probablemente en zonas donde existían las especies que le dieron origen, *Brassica campestris* y *Brassica oleracea* (Capítulos 5 y 9). Sin embargo, el cultivo de colza se difundió hacia otras zonas diferentes a sus lugares de origen, ya que es una de las pocas oleaginosas que puede prosperar en las regiones templadas y templado frías del mundo (Mc Vetty y Lukow, 2004) y actualmente, es la segunda oleaginosa en importancia mundial luego de la soja (FAO, 2021). La expansión del cultivo de colza en América estuvo asociado al mejoramiento genético para obtener un aceite de alta calidad para consumo humano (IASCAV, 1993). Posteriormente, se expandió en la Unión Europea por el creciente desarrollo de biodiesel y en otros países como China, Estados Unidos y Corea, su cultivo se basa en el creciente interés por los usos alimentarios del aceite (Carré y Pouzet, 2014).

En este sentido, la producción y área cosechada a nivel mundial de colza tuvieron un aumento considerable y sostenido desde la década del '60 hasta la actualidad (Figura 2.3).

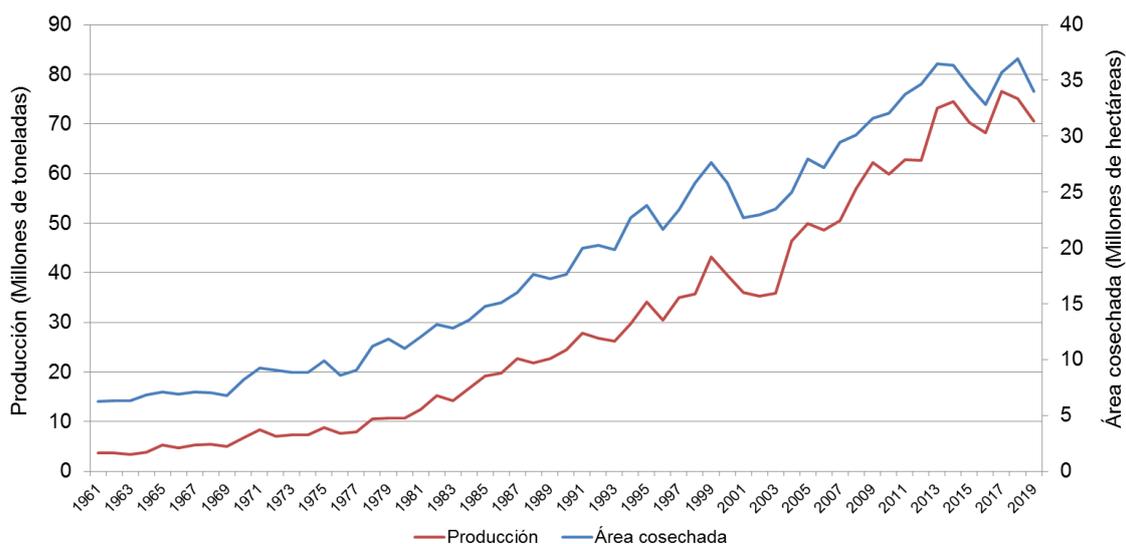


Figura 2.3: Producción y área cosechada de colza a nivel mundial desde 1961 hasta 2019

Elaboración propia en base a datos de FAO (2021)

Algunos países de Asia y Europa poseen una larga tradición en el cultivo de colza y son los que se sitúan en los primeros puestos como productores mundiales. Ellos son China, India, Alemania, Francia, Reino Unido y Polonia. Sin embargo, el primer productor es Canadá con alrededor de 18 millones de toneladas producidas en el año 2019 (FAO, 2021). Allí, este cultivo ha tenido un importante crecimiento vinculado a los grandes avances en el mejoramiento genético, con la obtención de variedades e híbridos de mayor rendimiento y con características diferenciales para los distintos usos (Canola Council of Canada, 2021). Canadá es también el primer exportador mundial y le siguen Francia y Australia quienes son también importantes

consumidores de aceite de colza. Japón es el mayor importador mundial seguido por China y México (Mailer, 2004).

El rendimiento promedio mundial de colza manifestó un aumento sostenido desde el año 1960, con valores cercanos a 600 kg.ha⁻¹ hasta alcanzar, en el año 2019, 2072 kg.ha⁻¹ (FAO, 2021). Esto obedeció a los grandes avances en el mejoramiento genético del cultivo, con la obtención de la Canola o Colza 00 y posteriormente con la obtención de híbridos (Canola Council of Canada, 2021). Los mayores rendimientos son obtenidos en la Unión Europea con un promedio aproximado de 2600 kg.ha⁻¹. Esto se debe a que, en Europa, se cultivan variedades o híbridos de tipo invernal mientras que, en Canadá y la mayor parte del resto de los países, se cultivan materiales primaverales, los cuales por su fisiología tienen un rendimiento potencial menor que los primeros.

En Argentina, el cultivo de colza se conoce desde la década del '30. En ese momento se comercializaban para elaboración de aceite *Brassica napus* L. y *Brassica campestris* L., que abundaban como maleza en los cultivos de trigo y lino (Gómez et al., 2018). Cuando los precios de estos cultivos cayeron fuertemente, la colza se expandió principalmente en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, pero su crecimiento se detuvo años antes de la Segunda Guerra Mundial. Con el transcurso del tiempo comenzaron los trabajos de mejoramiento, principalmente en Canadá, con materiales provenientes de Argentina y Polonia para mejorar características agronómicas en colzas de uso industrial y, posteriormente, obtener variedades para extraer aceite de calidad para consumo humano. En la década del '70, el INTA junto a la Universidad de Buenos Aires realizaron ensayos de evaluación de cultivares y de aspectos de manejo tecnológico del cultivo, multiplicaron cultivares de bajo contenido de ácido erúxico y difundieron las prácticas de su manejo entre los productores. En 1978, la Secretaría de Agricultura y Ganadería importó semilla proveniente de Francia y la Junta Nacional de Granos estableció las bases de comercialización para los rubros de materia grasa, acidez, cuerpos extraños y humedad (actualmente Normas VII y VIII, SAGPyA 1075/94) (IASCAV, 1993). Sin embargo, en la campaña 1978/79 ocurrieron condiciones desfavorables que situaron la producción en valores aproximados a 5000 toneladas en una superficie sembrada de 6000 hectáreas. Esta situación se revirtió solamente en la campaña siguiente ya que luego volvió a descender manteniéndose estable durante una década (MAGyP, 2021). A fines de los años '80 y principios de los '90, como respuesta a la expansión de la colza 00 en el mundo, comenzó en Argentina una etapa de difusión del cultivo donde instituciones estatales y empresas privadas lo promocionaban basándose en experiencias científicas. También se creó una red de ensayos territoriales para evaluar el comportamiento de cultivares de colza en distintas localidades (Giayetto, 1995). Esto se tradujo en un aumento de la producción y la superficie sembrada, pero cuestiones vinculadas a la comercialización e industrialización de la colza, impidieron que este crecimiento se consolide y se mantenga estable en el tiempo (IASCAV, 1993). La situación cambió a partir de la campaña 2005/06 donde se observó nuevamente un importante crecimiento del cultivo que estuvo relacionado, probablemente, a la posibilidad de implantar soja de segunda en una fecha más adecuada, por una liberación del lote más temprana de la colza respecto al trigo. El incremento de la superficie

sembrada en este momento, se relacionó con la incorporación de nuevas áreas como el NEA, especialmente en la provincia de Entre Ríos y algunas áreas marginales del norte de Córdoba y Santiago del Estero (Iriarte y López, 2014). A partir de la campaña 2012/13 la producción y superficie sembrada con colza en Argentina comenzaron a disminuir notablemente, alcanzando en la campaña 2020/21 una producción cercana a las 17 mil toneladas y 19 mil hectáreas sembradas (MAGyP, 2021). Las fluctuaciones que han sufrido la producción y superficie sembrada demuestran que, a pesar de ser la segunda oleaginosa de importancia mundial después de la soja, el cultivo de colza no se ha consolidado en Argentina debido a varios factores que lo convierten en un cultivo poco adoptado por los productores.

Existe en Argentina una extensa zona potencialmente apta para el cultivo de colza que presenta similitudes en sus características climáticas con otras áreas mundiales del cultivo (Murphy y Pascale, 1989). Sin embargo, en la última década, la colza se cultivó principalmente en la provincia de Buenos Aires que presentó en promedio 17 mil hectáreas y 33 mil toneladas de producción de granos aproximadamente. La siguiente fue Entre Ríos, con alrededor de 13 mil hectáreas sembradas y 16 mil toneladas producidas. Otras provincias productoras fueron Santa Fe y Córdoba. Además, La Pampa y San Luis, produjeron sólo durante la primera mitad de esta década (MAGyP, 2021).

En referencia al rendimiento, el valor promedio para nuestro país, considerando la última década, es cercano a 1800 kg.ha⁻¹ con una tendencia relativamente estable entre años y una marcada disminución en la última campaña 2020/21 donde la colza rindió 996 kg.ha⁻¹ debido a malas condiciones ambientales en ese ciclo de cultivo (MAGyP, 2021). Si bien el rendimiento promedio de Argentina es similar al obtenido en el resto de los países productores, se observa una amplia brecha con los rendimientos obtenidos en ensayos de evaluación de cultivares de colza en distintas zonas productoras de Argentina (Coll, 2010).

Producción y comercio mundial de cártamo. Situación nacional

El cártamo es una especie con características morfofisiológicas que le confieren rusticidad, las que permitieron que tradicionalmente se cultivara en una amplia zona, desde el Mediterráneo hasta el Océano Pacífico, entre los 20° de latitud sur hasta los 40° de latitud norte (Dajue y Mündel, 1996). Sin embargo, su cultivo en condiciones limitantes tiene un impacto negativo que se traduce en bajos rendimientos y, por lo tanto, si se lo cultiva en aquellas zonas donde se cumplen sus requerimientos, el rendimiento puede alcanzar valores significativamente superiores (Capítulo 8).

La producción mundial de cártamo fue variando a través del tiempo. La superficie cultivada que era de aproximadamente 800 mil hectáreas en los años '60, fue aumentando hasta superar 1 millón de hectáreas en la década de los '80 y a partir de ese momento comenzó a disminuir hasta cosecharse en el año 2019 alrededor de 900 mil hectáreas. Algo similar ocurrió con la producción, que aumentó significativamente en los '70 respecto a décadas anteriores y tuvo un

valor aproximado de 850 mil toneladas. Desde ese momento hasta la actualidad, la mayor disminución se produjo durante los años '60, y en el año 2019 la producción mundial de semilla de cártamo fue de alrededor de 624 mil toneladas (FAO, 2021) (Figura 2.4).

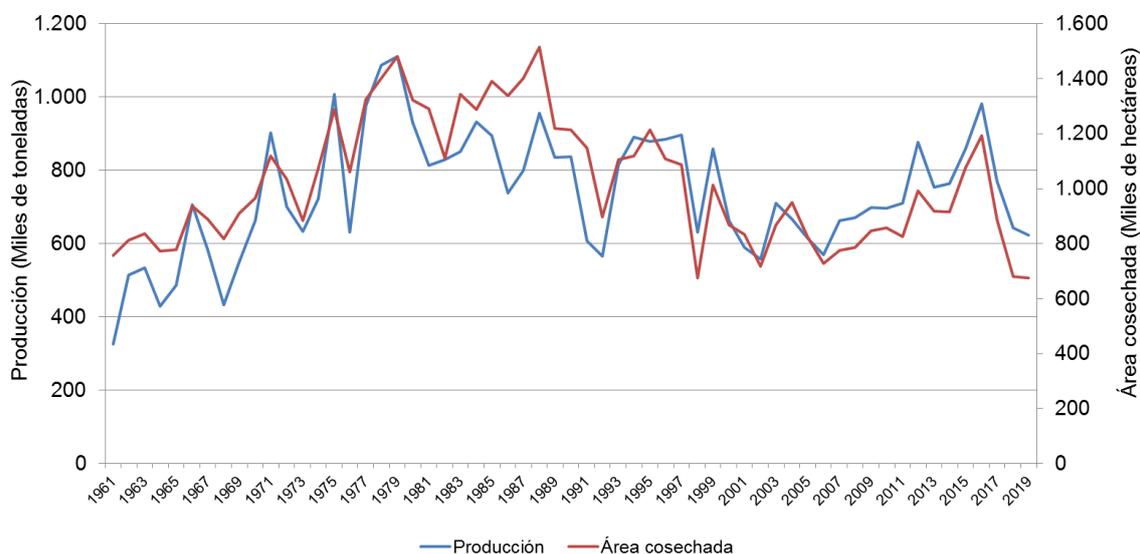


Figura 2.4: Producción y área cosechada de cártamo a nivel mundial desde 1961 hasta 2019

Elaboración propia en base a datos de FAO (2021)

Así como la producción y la superficie mundial del cultivo de cártamo variaron en el tiempo, también lo hicieron los países productores. Los más importantes durante muchos años, entre 1960 y 1989, fueron México, Estados Unidos, India y Etiopía tanto en el volumen producido como en la superficie cosechada, mientras que Estados Unidos obtenía los rendimientos más altos, entre 1800 y 2000 kg.ha⁻¹. Sin embargo, desde 1990 varios países se incorporaron a la lista y comenzaron a producir cártamo para aprovecharlo en sus diferentes usos, aunque sus producciones, en algunos casos, representaban un pequeño aporte al total mundial. En este contexto apareció China, donde esta especie se emplea mayoritariamente como medicinal, cosechando sus flores y hojas para elaborar infusiones y medicamentos naturales. En otros países, el cártamo constituye un cultivo secundario para diversificar ecológica y económicamente la producción. Sin embargo, la producción y superficie sembrada en estos países no se mantiene estable debido a que, al ser un cultivo alternativo, está supeeditado a condiciones económicas, climáticas y ecológicas.

Actualmente los principales productores son Kazajstán, Estados Unidos, Rusia, México, India y Argentina, que producen alrededor del 80% del total. Kazajstán, apareció como productor a partir de la década de los '90 y su producción va en aumento hasta aportar en la actualidad algo más del 30% de la producción mundial. Lo mismo ocurre con la superficie cosechada, donde este país representa un 40% de las 675 mil hectáreas cosechadas a nivel mundial.

El rendimiento promedio mundial se situó en 900 kg.ha⁻¹ pero los mayores rendimientos se encuentran en México, Turquía y Estados Unidos y se aproximan a 1500 kg.ha⁻¹ (FAO, 2021).

En el comercio internacional del aceite de cártamo, Ucrania es el país que lidera la exportación con el 50% de un total de 45 mil toneladas. Este país también aparece como principal exportador de girasol. Luego se ubica Estados Unidos y detrás de él, pero con cantidades mucho menores, están México, Polonia e India. Los principales importadores de aceite de cártamo son Polonia y Estados Unidos (FAO, 2021).

En Argentina el cártamo se cultiva en el noroeste del país, pero una de las regiones potencialmente aptas es la región pampeana central semiárida, que se extiende entre los 34° y 39° de Latitud Sur y los 63° 30' y 66° de Longitud Oeste. Esta zona coincide en gran parte con la región girasolera y posee suelos de profundidad variable por la presencia de mantos de tosca que pueden encontrarse desde la superficie hasta 1,40 metros de profundidad. En cuanto a las características climáticas, la principal limitante es el régimen hídrico que presenta variaciones interanuales y mensuales, lo que compromete la estabilidad de rendimiento de los cultivos (Mirassón et al., 2011). El cártamo no se ha difundido en nuestro país obteniéndose una producción total de 53 millones de toneladas de granos en la campaña 2019/20 (MAGyP, 2021). Esta situación ha ocurrido desde los inicios de su cultivo en la década de los '70. En ese momento, el INTA Anguil, en La Pampa, intentó difundirlo por su buen comportamiento agronómico en la zona, pero no pudo consolidarse debido, principalmente, a la difusión del girasol que se generalizó con la llegada de los híbridos (Rivas y Matarazzo, 2009). En 1970 comenzó a cultivarse cártamo en Chaco, que fue la principal provincia productora durante esa década y en Formosa, que aportó menos del 10% de la producción total pero sólo hasta la campaña 1973/74 (MAGyP, 2021). El INTA realizó trabajos de mejoramiento genético para obtener materiales con resistencia al frío, mayor rendimiento y alto contenido de ácido linoleico y a fines de la década de los '80 se introdujeron nuevos cultivares (Lang, 2011). En ese momento el noroeste argentino pasó a ser la zona productora de cártamo en las provincias de Salta, Jujuy, Santiago de Estero y Tucumán. Sin embargo, Salta fue la que concentró la mayor producción y superficie sembrada aportando, según años, el 50% o más respecto al total nacional. Además, aunque ocurrieron fluctuaciones entre años, fue la única provincia que mantuvo una relativa estabilidad a través del tiempo ya que Jujuy, Santiago del Estero y Tucumán, tuvieron períodos improductivos. Incluso, en las dos últimas campañas, 2019/20 y 2020/21, Salta fue la única provincia argentina productora de cártamo con 4344 toneladas de grano producidas en una superficie de 6000 hectáreas (MAGyP, 2021).

Los rendimientos nacionales de cártamo presentaron una variación errática a través del tiempo y variaron entre un mínimo de 432 kg.ha⁻¹ en la campaña 1986/87 y un máximo de 1062 kg.ha⁻¹ en la campaña 2004/05. A nivel experimental en la región semiárida pampeana, los rendimientos variaron entre 1500 y 1800 kg.ha⁻¹ de grano y entre 460 y 600 kg.ha⁻¹ de aceite, lo que demuestra la potencialidad de esta zona para la difusión del cultivo (Mirassón et al., 2011).

Consideraciones finales

Las oleaginosas de invierno son una alternativa interesante para incluir en las rotaciones ya que podrían aportar diversidad, favorecer el manejo de adversidades y abastecer al mercado en un momento diferente dado que la producción de aceite en Argentina se basa en cultivos estivales. Además, producen aceite de calidad especial, lo cual las diferencia de otras oleaginosas y pueden destinarse a alimentación humana y animal, industria, cosmética y medicina, según la especie. Sin embargo, a nivel mundial, sólo el cultivo de colza se ha difundido, mientras que el lino y el cártamo tienen una posición secundaria respecto al resto de las oleaginosas. En Argentina, el área sembrada con oleaginosas de invierno es significativamente inferior respecto a las de verano, representadas principalmente por la soja y luego el girasol. Entre los factores que han limitado el crecimiento de estos cultivos se puede mencionar la alta demanda internacional de granos proteicos que conllevó a un aumento de la superficie sembrada con soja en detrimento de otras especies. En el caso del lino y la colza, son considerados como cultivos con alto nivel de riesgo por aspectos vinculados a la siembra y dificultades en la cosecha, transporte y almacenamiento. Otras causas aluden a la comercialización, que no se hace en base a un mercado fijo y está expuesta a precios muy fluctuantes. También, la falta de políticas estatales y el interés por parte de los productores de realizar cultivos más rentables hacen que las oleaginosas de invierno no aumenten su producción y superficie sembrada. Sin embargo, poseen características que demuestran los aportes que podrían realizar en un marco ecológico, social y económico y cambiar la situación nacional e internacional de estos cultivos.

Referencias

- Acosta, P. P. (1980). Lino para semilla y fibra. En: Dimitri, M. (Director) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Segunda Edición. Tomo II, fascículo 12-2. Buenos Aires, Editorial ACME S.A.C.I.
- Alburquerque, N. y Pascual Villalobos, M. (1996). El lino, un cultivo no alimentario para producción de aceite y fibra. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 65(770), 764-770.
- Altgelt, L. G. (1958). *El lino textil en la República Argentina* (Tesis doctoral). Recuperada de: http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/tesis/document/1501-0710_AltgeltLG
- Amit J. J. y Hall, L. M. (2010). Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current uses and future applications. *Australian Journal of basic and applied sciences*, 4(9), 4304-4312.
- ASAGIR (Asociación Argentina de Girasol). (2008). Red Nacional del INTA de Evaluación de Cultivares Comerciales con Calidades Especiales. Cuadernillo Informativo N° 14.
- Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., López-Ferrer, S. y Grashorn, M. A. (2000). Incorporation of polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science* 79(1):51-59.
- Bertoni, M. H. y Cattaneo, P. (1972). Aislamiento de proteínas de harina integral de semillas de lino. *Anales Asociación Química Argentina*. 60, 363-374.

- Canola Council of Canada. (2021). History of Canola Seed Development. *Canola Encyclopedia*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/history-of-canola-seed-development>
- Carré, P. y Pouzet, A. (2014). Rapeseed market, worldwide and in Europe. *Oilseeds & fats Crops and Lipids. EDP Sciences*, 21(1), 1-12.
- Coll, L. (2010). Evaluación de cultivares de colza. Campaña 2009. *Actualización Técnica Cultivos de invierno. INTA EEA Paraná*, 1, 29-32. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-evaluacin-de-cultivares-de-colza-campaa-2009.pdf>
- Coşge, 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 Science*, 1, 11-15.
- Dajue, L. y Mündel, H. H. (1996). *Safflower (Carthamus tinctorius L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 7. Roma, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
- Danieli, P. P., Primi, R., Ronchi, B., Ruggeri, R., Rossini, F., del Puglia, S. y Cereti, C. F. (2011). The potential role of spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L. var. *inermis*) as fodder crop in central Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 6(1), 19-22.
- Delshad, E., Mahdi, Y., Sasannezhad, P., Rakhshandeh, H. y Ayati, Z. (2018). Medical uses of *Carthamus tinctorius* L. (Safflower): a comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. *Electronic Physician*, 10(4), 6672–6681.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). Food and agriculture data. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Flax Council of Canada. (2021). Flax usage. Recuperado de: <https://flaxcouncil.ca/spanish/la-linaza-canadiense/>
- Flax Council of Canada. (2021). Descripción y Composición de la linaza. 21 pp.
- Gallardo, M. A., Milisich, H. J., Drago, S. R. y González, R. J. (2014). Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Agronomy*, V2014, 1-7.
- Giayetto, O. (1995). *Modelo de Simulación de la Colza (Brassica napus L. forma annua) en la región de Río Cuarto (Córdoba, Argentina)*. (Tesis de Maestría). Facultad de Agronomía, UBA, Argentina.
- Giménez, P. I. y Sorlino, D. M. (2006). Lino. En: De la Fuente, E. B., Gil, A., Giménez, P. I., Kantolic, A. G., López Pereira, M., Ploschuk, E. L., Sorlino, D. M., Villariño, M. P., Wassner F. F. y Windauer, L. B. (Editores) *Cultivos Industriales*. (pp. 215-239). Buenos Aires, Editorial de la Facultad de Agronomía.
- Gómez, N. V., Miralles, D. J., Mantese, A. I., Menéndez, Y. C. y Rondanini, D. P. (2018). Colza: un cultivo con historia en la FAUBA. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 38(1): 23-36.
- GRDC (Grain research and development corporation). (2017). *Grownotes Safflowers Northern*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0031/238990/GRDC-GrowNotes-

[SafflowerNorthern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_button&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Safflower%20Northern%20Re-gion%20-%20GrowNotes%E2%84%A2](https://www.researchgate.net/publication/312111111/SafflowerNorthern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_button&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Safflower%20Northern%20Re-gion%20-%20GrowNotes%E2%84%A2)

- Green, A. (1986). A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Canadian Journal Plant Science*, 66, 499-503.
- Gyulai, J. (1996). Market outlook for safflower, *Proceedings of North American Safflower Conference*, Canada.
- IASCAV (Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal). (1993). COLZA "00"/CANOLA Recopilación informativa, Parámetros de calidad.
- Iriarte, L. B. y López, Z. B. (2014). El cultivo de colza en Argentina. Situación actual y perspectivas. *1º Simpósio Latino Americano de Canola*, Passo Fundo, R S, Brasil.
- Iriarte, L. B. y Valetti, O. E. (2007) El cultivo de colza en Argentina. INTA. Chacra Experimental de Barrow. Recuperado de: <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/el-cultivo-de-colza-en-argentina>.
- Iriarte, L. B. y Valetti, O. E. (2008). *Cultivo de colza*. Tres Arroyos, Editorial INTA-MAAP.
- Katkade, M. B., Syed, H. M, Andhale, R. R, y Sontakke, M. D. (2018). Fatty acid profile and quality assessment of safflower (*Carthamus tinctorius*) oil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; 7(2), 3581-3585.
- Kleingarten, L. (1993). *Notes Safflower Conference*. Billings, Montana, 18 February 1993. Mündel, H. H. y Braun, J. (Editores). Lethbridge, AB, Canada.
- Lang, M. (2011). El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región semiárida pampeana: ensayo comparativo de rendimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía-UNLPam*, 22, 32-36.
- Lay, C. L. y Dybing, C. D. (1989). Linseed. En: Ribbelen, G., Downey, R.K. y Ashri, A. (Editores) *Oil Crops of the World, their breeding and utilization*. (pp. 416-430). Nueva York, McGraw-Hill.
- Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A. y Jones, P. (2013). Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews*, 71,370-385.
- Ministerio de Agricultura, Servicio del lino. (1953). Cultivo de lino. Notas Divulgadoras. 20 pp. León. España.
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación). (2021). Informes técnicos y estimaciones. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/informes-tecnicos-y-estimaciones>.
- Mailer, R. J. (2004). Oilseeds, overview. *Encyclopedia of Grain Science*, 2004, 380-386.
- Mc Vetty, P. B. E. y Lukow, O. M. (2004). Grain Production and Consumption/Oilseeds in North America. *Encyclopedia of Grain Science*, 2004, 106-116.
- Milisich, H., Greco, L., Gallardo, M. y Ocampo, O. (2009). Evaluación de cultivares de lino en la EEA Paraná. Año 2009. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-evaluacin-de-cultivares-de-lino-en-la-eea-paran-.pdf>.

- Mirassón, H. R., Palomo, I. R., Bredan, R. E. y Fioretti, M. N. (2011). Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la Región Pampeana Semiárida. *Phyton*, 80, 147-151.
- Murphy, G. M. y Pascale, N. C. (1989). Agroclimatología de la colza de primavera (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* (Metz) Sinks f. *annua*) y su posible difusión en la Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*, 10(3), 159-176.
- OCDE/FAO (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020) “OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas” Recuperado de: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2020-2029_a0848ac0-es
- Rivas, J. y Matarazzo, R. (2009). Producción de cártamo. Consideraciones generales. Boletín de Divulgación INTA. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prodcartamo_.pdf.
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J. y Barnwal, P. (2011). Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber, Critical Reviews. *Food Science and Nutrition*, 51(3),210-222.
- Smith, J. R. (1996). *Safflower*. Champaign, Illinois, AOCS Press.
- Zehra, E. (2005). Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Utilization: A Global View. *Journal of Agronomy*, 4, 83-87.
- Zingaretti, O., Fernández, M. A. y Steffanazzi, R. B. (2018). Evaluación de cultivares de lino oleaginoso, en un año normal y un año húmedo en la región semiárida de la Pampa Central. *Revista Semiárida* (UNLPam), 25(2).

CAPÍTULO 3

Morfología y ecofisiología del cultivo de lino

Griselda E. Sánchez Vallduví y Andrea V. Dellepiane

Origen y ubicación sistemática

No se conoce con exactitud la zona de origen del lino debido a la antigüedad del cultivo y a su siembra en regiones del mundo muy distantes entre sí, lo que dificulta delinear la evolución de la especie desde la forma silvestre a la cultivada (Acosta, 1980). Según Vavilov se establecen dos centros de origen primarios, uno de ellos, el de los linos del Mediterráneo con flores y semillas grandes (de esta región provienen los linos argentinos), y el segundo, ligado al sudoeste de Asia, con linos de flores y semillas pequeñas. También se señala un tercer centro de origen que podría ser ubicado en el oriente de África, lo cual no se puede asegurar (Robles Sánchez, 1991).

El lino cultivado, oleaginoso o textil, es el *Linum usitatissimum* L. Se supone que el ascendiente más cercano es el lino silvestre *Linum angustifolium*, que tiene igual número cromosómico (30 diploide) y es la única especie silvestre que posibilita su fácil cruzamiento. El género *Linum* pertenece al orden Geraniales, familia Lináceas. Su nombre proviene, posiblemente, del griego *Linon* (lino) o del celta *llin* (hilo) y el nombre latino *usitatissimum* (en latín: utilísimo) hace referencia a sus variadas utilidades. Según distintos autores hay numerosas divisiones de esta familia. De acuerdo a Dimitri (1959) las especies cultivadas son:

A. Flores rojas. Hojas alcanzando más de 5 mm de ancho.

L. grandiflorum Deaf. (ornamental)

B. Flores azules, celestes o blancas. Hojas generalmente no mayores de 5 mm de ancho.

1. Plantas anuales

L. usitatissimum L. (cultivada oleaginosa y/o textil)

2. Plantas perennes

L. perenne L. (ornamental)

Descripción morfológica

El lino oleaginoso es una planta anual, herbácea, que posee una raíz principal pivotante, delgada y abundantes raíces secundarias y terciarias que se desarrollan mayormente en los primeros 30-50 cm del suelo. La **raíz** principal puede llegar a 1,20 m de profundidad dependiendo entre otros factores de la textura del suelo. Posee un **tallo** cilíndrico, erecto, delgado (2-4 mm de diámetro) de una altura aproximada de 40-90 cm. El tallo puede ramificar en la base. Los linos oleaginosos generalmente pueden tener entre 1 y 3 ramificaciones. Éstas alcanzan una altura menor a la del tallo principal y tienen menor cantidad de frutos. Las características del tallo varían en función de factores genéticos, ambientales y de manejo. Sobre el mismo crecen numerosas **hojas** de estructura delicada, simples, lineares a lanceoladas, trinervadas, sésiles, enteras, de bordes lisos y ápice obtuso. Tienen una distribución opuesta en la base que pasa a ser en espiral, evidenciándose esto cuando se elonga el tallo. Las hojas son de color verde brillante a verde ceniza, de 12 a 37 mm de largo y 3 a 7 mm de ancho.

Las **flores** se disponen en la parte superior del tallo en inflorescencia en corimbo laxa. Cada flor es completa, con pedicelo, hermafrodita, con gineceo y androceo fértil, actinomorfa y pentámera. El color de la flor varía entre variedades y puede ser desde celeste oscuro a claro, blanca o rosa. Los cultivares actuales tienen flor celeste. El cáliz está formado por 5 sépalos imbricados, libres y persistentes. La corola tiene 5 pétalos libres, lisos, suavemente rizados, geniculados, más o menos superpuestos que se caen rápidamente. El androceo está constituido por 5 estambres con sus correspondientes anteras de color amarillo o azul y sus filamentos se hallan unidos en la base y provistos de nectarios. El gineceo es súpero, gamocarpelar y de placentación axilar. Está formado por 5 carpelos y cada carpelo contiene 2 óvulos, que están divididos por un falso tabique denominado septa, tiene 5 estilos claviformes terminados en estigmas alargados. La regla general es la autofecundación (autogamia), pero existe cierto porcentaje de fecundación cruzada. El porcentaje de alogamia más frecuente oscila entre 0,3 y 5%. La flor es el órgano que más se presta para la diferenciación de variedades por su color, tamaño, forma, androceo y gineceo de distintos colores (Dimitri, 1959; Acosta, 1980).

El **fruto** es una cápsula de forma casi esférica, cónica y deprimida, generalmente indehiscente. Habitualmente se lo denomina "bolilla", puede tener de 10 a 12 mm de diámetro en sentido transversal y de 8 a 15 mm en sentido vertical. Tiene 10 lóculos, en cada uno de ellos puede haber hasta una semilla. Las **semillas** son alargadas y puntiagudas, tienen un largo de 2,5 a 6 mm y su tamaño es carácter diferencial de variedades. Son más largas que anchas, comprimidas, lenticulares, de superficie lisa y brillante, sin olor y de sabor oleoso y mucilaginoso. El peso de 1000 semillas depende de la variedad, en los linos oleaginosos varía entre 5,5 a 7,8 gramos. Su color más común es el castaño o rojizo y posee brillo. Hay variedades que tienen semilla amarilla, generalmente esta característica se asocia con menor contenido de ácido linolénico en su composición. Contiene entre 37 y 46% de aceite secante (índice de iodo 165-200), posee una

sustancia mucilaginosa (6-15%) que es medicinal (emoliente), resina, tanino y aleurona (Acosta, 1980; Flax Council of Canada, 2021).

En la Figura 3.1 se muestran distintos órganos de la planta de lino.

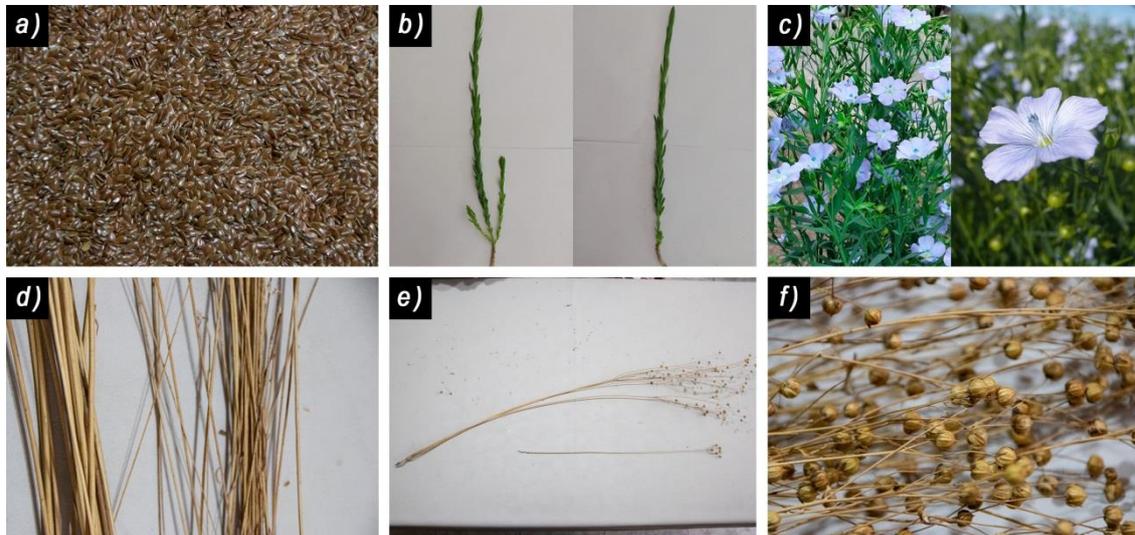


Figura 3.1: Órganos de la planta de lino: a) semilla, b) tallo en crecimiento con y sin ramificaciones, c) inflorescencia y flor d) porción de tallo maduro, e) tallo y corimbo, f) frutos.

Fotos a, b, d, e y f de Amparo B. Andreoli y foto c de E. Mariel Oyhamburu)

Diseño y edición de imágenes por Amparo B. Andreoli

Crecimiento y desarrollo

Para un adecuado manejo del cultivo es necesario conocer su ritmo de crecimiento, las etapas en las cuales se divide el crecimiento y desarrollo, sus características morfológicas, sus requerimientos edafoclimáticos y los procesos que ocurren a lo largo de todo su ciclo. Asimismo, es necesario comprender los diversos factores ambientales, genéticos y culturales que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo, la cantidad y calidad de semilla producida y la sustentabilidad del sistema en el cual se inserta el cultivo.

Etapas de crecimiento y desarrollo

El lino se caracteriza por poseer un crecimiento muy lento y prolongado en el tiempo. Las variedades actuales no difieren mucho entre sí en la duración de su ciclo total, encontrándose en experiencias en La Plata un promedio de alrededor de 160 días desde la siembra. La duración del ciclo es variable de acuerdo a las características de la variedad y las condiciones en las cuales se desarrolle el cultivo. Es un cultivo de tipo indeterminado por lo que existe

superposición entre el desarrollo vegetativo y reproductivo. Por este motivo habrá al mismo tiempo crecimiento de la raíz, del tallo, formación de hojas, pimpollos, flores, frutos y semillas. La materia seca acumulada hasta iniciar la elongación del tallo es escasa, con un valor menor del 5% respecto de la materia seca total del ciclo. Al finalizar la floración este valor asciende aproximadamente al 65%. La raíz aumenta su peso hasta el final del ciclo, aunque el ritmo se estabiliza a partir de floración. Durante la última etapa la acumulación de materia seca ocurre a expensas del llenado de las cápsulas. Hacia el final del ciclo, el 75% del peso de las cápsulas corresponde a las semillas (Sánchez Vallduví y Flores, 2007) (Figura 3.2).

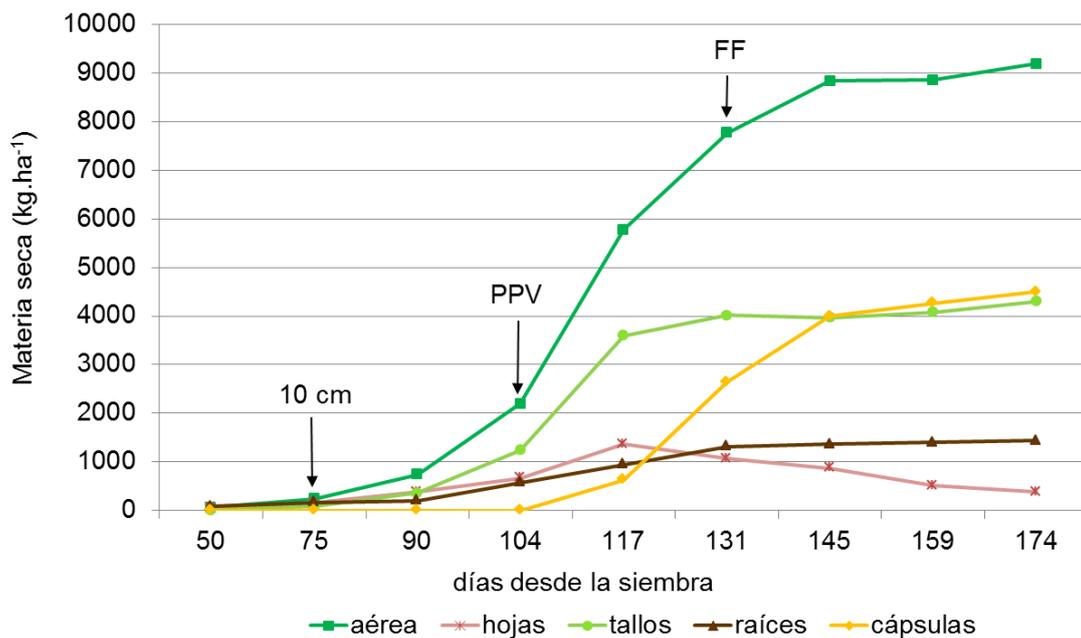


Figura 3.2: Evolución de la materia seca total de lino y su distribución por órganos en La Plata
(Adaptado de Sánchez Vallduví y Flores, 2007)

Referencias: 10 cm: 10 cm de altura de planta, PPV: primeros pimpollos visibles, FF: fin de floración.

Es importante poder identificar el estado en el cual se encuentra el cultivo y relacionarlo con los procesos que están sucediendo, los requerimientos para que ellos ocurran adecuadamente y la respuesta del cultivo a diferentes técnicas de manejo. En la tabla 3.1 se presenta una clave para identificar distintas etapas de crecimiento en linos invernales (Rabourdin, 2019).

Tabla 3.1: Etapas de crecimiento de lino utilizada por Terres Inovia (Rabourdin, 2019)

Denominación y descripción del estado fenológico
A1: Germinación-emergencia: Aparición de hipocótilos en arco (agrietamiento del suelo y emergencia inminente)
A2: Emergencia: cotiledones visibles
B1: Crecimiento juvenil. Dos primeras hojas abiertas
B2: Cuatro primeras hojas abiertas
B5: 5 cm de altura, n hojas completamente desarrolladas *
B9: 7 cm de altura
C1: Ramificaciones basales. Aparece la primera ramificación basal
C2: Aparece la segunda ramificación basal
D1: Crecimiento, elongación. 10 cm de altura
D2: 20 cm de altura
D3: 30 cm de altura
D4: 40 cm de altura
D5: 50 cm de altura
D6: 60 cm de altura
D7: 70 cm de altura
D8: 80 cm de altura
E1: Desarrollo de botones florales. Los primeros botones florales son visibles.
E5: Corimbo formado
E 9: Primeros pétalos visibles
F1: Inicio de floración. 10% de los botones florales florecieron
F5: Plena floración, aproximadamente el 50% de las flores están abiertas.
H1: Maduración de las cápsulas y de los granos. Las cápsulas se tornan amarillas
H5: 50% de semillas de color marrón
H9: Cápsulas marrones, secas y senescentes, las semillas suenan en la cápsula

* n: número de hojas

Esta clave fue elaborada para linos invernales, cultivados en ambientes fríos por su adaptabilidad a los mismos y su tolerancia a bajas temperaturas. Sin embargo, puede utilizarse para los linos primaverales que se siembran en el invierno de Argentina. En Francia, donde fue elaborada esta clave, en linos primaverales no registran la etapa correspondiente a la aparición de ramificaciones (C), debido a que en ese ambiente dichos linos no ramifican. Sin embargo, en Argentina, pueden observarse linos con tallo único o ramificado y en ese caso una planta puede tener más de dos ramificaciones. Es por esto que si eso ocurriera se puede considerar la denominación de acuerdo al número de ramificaciones aparecidas hasta Cn, de acuerdo a la aparición de las sucesivas ramificaciones

basales (en lino oleaginoso en Argentina generalmente hasta 3). Si bien la observación se realiza por planta, para definir el estado de un cultivo es necesario registrarlo cuando el 50% de la población de plantas ha alcanzado la característica descripta.

El uso de una clave para identificar la etapa de crecimiento del lino es de utilidad desde el punto de vista práctico. No obstante ello, el carácter indeterminado de dicho cultivo genera la ocurrencia de superposición entre ellas. Desde la siembra a la cosecha del lino, el cultivo transcurre por diferentes períodos de crecimiento y desarrollo los cuales se describen a continuación.

- **Implantación:** incluye desde la siembra hasta que los cotiledones se encuentran totalmente desplegados. En un primer momento la semilla seca absorbe el agua y comienza a embeberse, luego se hace visible la radícula y el hipocótilo se alarga hasta la emergencia de los cotiledones. El hipocótilo deja parcial o totalmente visibles a los cotiledones, los que se encuentran unidos y rodeados por el tegumento seminal. Luego empiezan a desplegarse desde la cubierta seminal la cual puede permanecer adherida a los mismos por algunos días. Por último, los cotiledones se expanden completamente y queda establecida la plántula (Freer, 1991).

La duración de esta etapa está regulada principalmente por la temperatura (suma térmica), la humedad, características de la semilla y profundidad de siembra. Algunos de los factores que definen la variación en la longitud de esta etapa son la zona donde se cultive y la fecha de siembra. En siembras realizadas en La Plata entre mediados de junio y de julio, se han registrado entre 14 y 22 días desde la siembra a la emergencia.

- **Vegetación:** se visualiza el primer par de hojas verdaderas entre los cotiledones. Luego comienza la elongación del tallo principal y a medida que esto sucede se desarrollan las hojas, que aparecen sobre el tallo en forma de espiral. Dicha espiral no es tan manifiesta durante los primeros estados y las hojas aparentan estar de a pares, pero luego del tercer par de hojas la disposición en espiral es fácilmente visible. Es difícil definir el número exacto de hojas debido a que la planta produce nuevas hojas a partir del punto de crecimiento terminal y donde están muy próximas una de la otra. Una hoja se cuenta como tal cuando está desplegada desde su punto de crecimiento. En esta etapa pueden aparecer ramificaciones basales, que alcanzan a ser una, dos o más dependiendo de la variedad, densidad de siembra, fecha de siembra, nivel de nitrógeno en el suelo o si el ápice es dañado y se pierde la dominancia apical (Flax Council of Canada, 2021). Las ramificaciones aparecen habitualmente desde los nudos más cercanos a la base de la planta. En las ramificaciones habrá menos número de hojas y serán registradas siguiendo el mismo criterio que para el tallo principal. Esta capacidad de ramificar que tiene el lino, sumada a su plasticidad en la determinación del tamaño del corimbo, lo convierte en un cultivo con capacidad para compensar el número de semillas. Si bien la ramificación ocurre tempranamente en el ciclo del cultivo, también puede ocurrir a lo largo del mismo, principalmente asociado a condiciones ambientales que la favorezcan. Si las ramificaciones aparecen avanzado el crecimiento del lino, alcanzarían una maduración muy despareja respecto al tallo principal y no llegarían a proveer grano maduro al momento de la cosecha que además aportaría humedad.

La duración de la vegetación dependerá principalmente de la suma térmica, la vernalización y el fotoperíodo y varía de acuerdo a la zona de cultivo, la fecha de siembra y los requerimientos de cada variedad. En promedio puede tener una duración de aproximadamente 40 días, pero

estos pueden ser muchos menos si la siembra es tardía, o más, si las condiciones ambientales en las cuales crece el cultivo hacen que se demore en cumplir sus requerimientos. Durante la vegetación se presentan dos subetapas:

Sub-etapa *juvenil*: en esta etapa la planta no percibe estímulo para diferenciar el ápice y sólo responde a la temperatura.

Sub-etapa *inductiva*: en esta etapa la planta percibe el estímulo para la diferenciación del ápice y pasa de estado vegetativo a reproductivo. La duración depende de la suma térmica, el fotoperíodo y la vernalización.

- **Elongación**: la elongación ocurre desde la diferenciación del ápice hasta la floración. La duración de esta fase está regulada por la temperatura y, en menor medida, por el fotoperíodo. En esta etapa aumenta la tasa de crecimiento del tallo (Sánchez Vallduví y Flores, 2007). Las ramificaciones, que al inicio de su crecimiento se encontraban casi horizontales al suelo, pasan a estar casi paralelas al tallo principal. Se alcanza entre un 50-60% de la altura final de la planta (Sorlino y Trapani, 2000). Al inicio de esta etapa, el cultivo tiene alrededor de 10 cm de altura con predominio de desarrollo foliar sobre caulinar. Se forma la masa radical y vegetativa (materia seca) en el tallo principal, ramificaciones, hojas y comienza la formación de las ramificaciones superiores que darán origen al corimbo. Aumenta el número de hojas sobre el tallo, se pueden observar alrededor de 40-60 hojas con una altura de tallo de unos 20 cm y 80-100 hojas cuando se visualizan los primeros pimpollos (PPV), cubriendo alrededor de un 30 y 60% del área de suelo respectivamente (Sánchez Vallduví, 2012). El área foliar cesa su crecimiento poco después de comenzada la floración (Larsen, 1969). Sobre los nudos de las hojas en la parte superior del tallo, próximos al punto de crecimiento, se forman los brotes florales los que en un primer momento se encuentran envueltos por las hojas viéndose el ápice engrosado. La identificación de este momento puede realizarse con atenta observación y al tacto. Luego, los pimpollos florales se hacen visibles, se extienden sobre un pedicelo desde las axilas de las hojas y empieza la formación del corimbo desde el centro hacia afuera. Posteriormente, en los primeros pimpollos formados, se comienzan a ver los pétalos cerrados. En ensayos en La Plata se registró una duración promedio de 35 días entre los 10 cm de altura de la planta de lino y los pimpollos florales visibles, con grandes variaciones de acuerdo a las condiciones de cultivo.

- **Floración-fructificación**: La aparición de las primeras flores se ve en número reducido, luego van abriendo nuevas flores durante 20 a 30 días. Las flores abren a la mañana, produciéndose la fecundación. Los pétalos caen al mediodía (si no está nublado). Inmediatamente los óvulos aumentan de tamaño y a los dos días comienza la formación de las cápsulas, en las cuales va creciendo el embrión. Durante la floración se verán simultáneamente pimpollos verdes, pimpollos en los cuales se ven los pétalos celestes en su extremo (por abrir), flores abiertas, comienzo de formación de frutos (al caer los pétalos se ven los estambres turgentes y luego secos) y al finalizar la floración ya se ven frutos completamente desarrollados. El área foliar continúa en aumento hasta poco después de iniciada la floración. Aunque las hojas son pequeñas, éstas son numerosas y el área generada dependerá de numerosos factores genéticos, ambientales y de manejo. El máximo índice de área foliar (IAF) se registra poco después de iniciada la floración y declina hacia la senescencia y se relaciona directamente con la materia seca acumulada y la duración del área foliar

(Diepenbrock y Pörksen, 1993). Hay registros variables respecto a los valores observados de IAF, es así que Giménez et al. (2006) mencionan un IAF máximo de 4 y Casa et al. (1999) encontraron variaciones entre 2,2 y 1,3 para alta y baja densidad. Sin embargo, se señala que con valores próximos a 3 se alcanza la máxima intercepción de la radiación (CETIOM, 1994). Esta variabilidad se relaciona principalmente con las condiciones de temperatura, disponibilidad hídrica y de nutrientes durante el período de definición del área foliar.

La floración se registra en función de la proporción de flores abiertas (10, 30 o 50% etc.). Se considera el final de la floración cuando resta un 10% de pimpollos por abrir y no hay nuevas ramificaciones del corimbo. En ese momento las cápsulas del centro de la inflorescencia tienen bandas color claro y en su interior las semillas son blancas y su tegumento no se separa de los cotiledones. La planta ya ha comenzado a perder hojas desde la base del tallo. El aceite comienza a acumularse en la semilla inmediatamente después de la apertura de la flor. En los primeros 10 días la acumulación es lenta, pero entre el día 11 y 20 se acumula la mayor proporción. Es así que las primeras camadas de flores determinan el % de aceite de los frutos. La fructificación se superpone con la floración, ya que mientras la planta está floreciendo se ha iniciado la etapa de cuajado y maduración en los frutos (Flax Council Canadá, 2021). La acumulación de nitrógeno y de fósforo en la semilla ocurre principalmente a expensas de los nutrientes en el suelo ya que es muy bajo el porcentaje de redistribución desde los órganos vegetativos (Hocking y Pinkerton, 1991; 1993).

Se considera inicio de fructificación cuando, en algún lugar de la inflorescencia, se visualiza/n fruto/s de color verde de más de 5 mm y las semillas tienen el tegumento blanco, en este momento continúa la floración. Las cápsulas viran de color verde a poseer bandas longitudinales más claras para luego tomar color amarillo-marrón oscuro, hasta el marrón dorado al madurar completamente. Las semillas en su interior viran de blanco a verde, amarillentas y luego marrón. La senescencia de las cápsulas avanza según su formación en el corimbo. La fructificación se registra de acuerdo a la proporción de cápsulas formadas (10, 30 o 50%) de manera semejante a la floración. La fructificación ha finalizado cuando la mayoría de las cápsulas tienen color pajizo. Esta etapa está regulada por la temperatura.

- **Maduración:** Por el carácter indeterminado del lino, a medida que avanza el proceso de fructificación va ocurriendo la maduración en los primeros frutos que se formaron. Esta superposición de etapas define que la maduración comience desde que culmina la floración, cuando ya hay frutos formándose, hasta que las cápsulas se tornan pardas, secas y senescentes. De floración a madurez amarilla median aproximadamente 30 días, lo que depende principalmente de la sumatoria de temperatura (tiempo térmico) y la humedad. De madurez amarilla a completa transcurren aproximadamente 15 días más. La madurez fisiológica se considera cuando el 75% de las cápsulas se tornan de color de madurez. Las cápsulas están completamente senescentes cuando las semillas se escuchan como sonajero en el interior de la cápsula al hacer temblar la planta. En este momento las semillas están color marrón brillante y los tallos están verdes y sin hojas (Flax Council Canadá, 2021).

La duración del ciclo total y de las subetapas de desarrollo del cultivo pueden variar en función de: la variedad utilizada, la época de siembra y las condiciones ecológicas durante el ciclo del cultivo. En la figura 3.3 se presentan imágenes de la planta en distintos estados de su crecimiento y desarrollo.

IMPLANTACION



VEGETACION



ELONGACION



FLORACION-FRUCTIFICACION



MADUREZ



Figura 3.3: Imágenes de lino en distintos estados fenológicos
Diseño y edición de imágenes por Amparo B. Andreoli

Requerimientos climáticos y edáficos

La disponibilidad de los factores relacionados a los requerimientos edafoclimáticos del cultivo, definen la posibilidad del cumplimiento del ciclo de crecimiento y desarrollo, la definición de los componentes del rendimiento y, en consecuencia, la producción de semilla y aceite.

Climáticos

Temperatura

La temperatura es un factor que afecta al cultivo determinando la ocurrencia y la calidad de los diversos procesos que suceden a lo largo del ciclo. La temperatura por debajo de la cual se detiene el crecimiento (cero vital o temperatura base), la suma de temperaturas sobre el cero vital que requiere para los distintos procesos, la susceptibilidad a bajas temperaturas o heladas y las más favorables para cada etapa varían a lo largo del ciclo. El lino es un cultivo que, por sus requerimientos térmicos, es de clima templado. En forma general se puede decir que al inicio del ciclo le son favorables temperaturas de 8-12°C, en floración es preferible el tiempo fresco (20°C) y temperaturas moderadas en madurez, existiendo cultivares de mayor o menor tolerancia al frío definiéndolos como primaverales a los menos tolerantes e invernales a los de mayor tolerancia. En Argentina se siembran los primaverales (Capítulo 4).

El lino es sensible a las heladas, el daño que se produzca dependerá de la intensidad, el momento en que ocurran y la condición hídrica del suelo. La germinación y emergencia es una etapa crítica para la ocurrencia de heladas, las que dañarán al cultivo de acuerdo a su intensidad. Transcurrida esa etapa y hasta que aparece el botón floral, la planta puede soportar heladas más intensas que en el período anterior y, si los brotes tiernos fueron dañados, puede emitir nuevas ramas y compensar el número de frutos sin afectarse el rendimiento. Llegada la floración el daño por heladas vuelve a ser crítico siendo la planta muy susceptible. El daño será diferente según la intensidad de las heladas, en esta etapa temperaturas de -1°C ocasionan importantes pérdidas, si la helada es benigna se perderán los botones florales de ese día, y si son más intensas se van a afectar también los pimpollos, flores y hasta cápsulas recién formadas (Acosta, 1980).

Las temperaturas elevadas también pueden afectar los procesos que ocurren en las distintas etapas. Temperaturas muy altas en floración, determinan un menor rendimiento en semilla y aceite. Con temperaturas altas se acelera el proceso de llenado, se anticipa la madurez de la semilla, habrá menor contenido de aceite e incluso pueden verse semillas chuzas y sin brillo (Acosta, 1980). Un estrés por altas temperaturas también puede reducir la viabilidad del polen y la polinización lo que generará menor número de semillas por cápsula y/o menos cápsulas por planta (Kandel y Keene, 2020). Con temperaturas elevadas durante el llenado de las semillas también se modifica la composición de los ácidos grasos, observándose un menor índice de iodo lo que se asocia con un aumento en el contenido de oleico y disminución del linoleico y linolénico, lo que modificaría la calidad del aceite obtenido (Dybing y Zimmerman, 1965; Mirshekari et al.,

2012). En un estudio en Dakota (EEUU) encontraron que cuando la floración transcurrió con 26,6°C disminuyó el contenido de ácido linolénico marcadamente y aumentó el ácido oleico (Yermanos y Goodin, 1965).

El cultivo de lino requiere acumular temperatura para cumplir las distintas etapas por lo cual este factor regula la duración de los distintos subperíodos. Sus requerimientos son menores que los de los cereales de invierno como el trigo, motivo que permitiría extender el área de cultivo a regiones algo más calurosas que dicho cereal. Se considera que, para la etapa de siembra a nacimiento, la temperatura base de crecimiento para el lino es de aproximadamente 4°C. La constante térmica (suma de temperatura requerida para determinar un proceso) sobre 0°C para esta subetapa es de alrededor de 100 y 120°C (Pascale et al., 1968). Este valor puede variar en función de la profundidad de siembra y la temperatura base considerada (Sorlino, 2001).

La suma térmica que requiere para florecer es menor cuanto mayor es la duración del día por encima de un umbral crítico. Para una duración del día dada, el lino debe haber percibido una determinada suma de temperaturas. De acuerdo a estudios realizados a campo en Argentina, la suma de temperatura con una base de crecimiento de 5°C. que el lino debió percibir en el momento de floración varió entre 900°C y 3290°C. El valor de la suma térmica será mayor o menor de acuerdo a la duración del fotoperíodo (De Fina, 1939). Los requerimientos en suma térmica para esta etapa varían entre materiales genéticos (Sánchez Vallduví et al., 2006).

Como se señaló, hay superposición entre la floración y fructificación. El tiempo transcurrido entre la floración y la madurez está regulado principalmente por la temperatura, por lo que la duración de la misma depende de lo que se demore en cumplir el tiempo térmico necesario, consecuentemente, a menor temperatura mayor duración (Sorlino, 1997). En ensayos realizados en Argentina se registró que, con una temperatura base de 5,4°C para este subperíodo, la suma de temperatura para el mismo fue de 460°C (Giménez y Sorlino, 2006).

Fotoperíodo

Según la clasificación de Vavilov, el lino es una especie de día largo cuantitativa, por lo que florece más rápido cuanto mayor es la duración del día y no lo hace por debajo de un umbral crítico para la iniciación floral, dicho umbral en lino es de alrededor de 12 h de luz por debajo del cual no ocurrirá dicho proceso. El fotoperíodo es el factor que más influye en la duración del período comprendido entre la emergencia y la floración. Existe una acción combinada entre el fotoperíodo y la temperatura. Todo fotoperíodo mayor al crítico determina una aceleración en el desarrollo, lo que produce una compensación en las horas acumuladas que necesita para florecer hasta alcanzar un valor de fotoperíodo a partir del cual el aumento en la duración del día disminuye muy poco el requerimiento de suma de temperatura. Según De Fina (1939) ello ocurre con una duración del día de 13.30 h. Pero no está claro cuál es el fotoperíodo óptimo, hay antecedentes que registraron valores del día mayores a los señalados por De Fina (1939) (Major, 1980; Sorlino, 1994).

Vernalización

El lino requiere horas de enfriamiento (vernalización) cuyo valor se encuentra entre 250 y 300 h de frío con una base 4 – 5°C para completar su desarrollo, esto lo define como una especie de reducida exigencia en horas de frío, las que se cumplen en condiciones de siembra normales. El cumplimiento de dicho requerimiento determina la duración de la etapa que va desde emergencia al cambio del ápice de vegetativo a reproductivo (Sorlino y D’Ambrosio, 1995). Existen diferencias en los requerimientos en vernalización entre cultivares, siendo los más tardíos o de ciclo más largo, más exigentes en horas de frío (Pascale et al., 1968; Sorlino, 1994).

Requerimientos hídricos

El lino desarrolla bien en zonas con precipitaciones anuales de 500-1000 mm. Necesita de 400 a 450 mm de agua bien distribuidas durante el ciclo. Es susceptible a la falta de humedad del suelo, el período de mayor sensibilidad al déficit hídrico es durante la floración. La disponibilidad de agua insuficiente en la siembra puede impedir la emergencia y si ocurre en primavera, cuando el cultivo florece, habrá menos flores, menos frutos, menos número y peso de las semillas y en consecuencia menos rendimiento (Mirshekari et al., 2012; Zingaretti et al., 2015).

Por otra parte, las lluvias excesivas son perjudiciales, el efecto que causen será distinto según el momento en el que ocurran. En el caso que se realice labranza convencional, pueden impedir la preparación del suelo ocasionando un retraso en la siembra. Una vez sembrado, una lluvia abundante y/o intensa provoca planchado del suelo dificultando e incluso impidiendo la emergencia. Una vez avanzado el ciclo del cultivo y con la ocurrencia de viento, puede producirse vuelco de las plantas. Si las lluvias excesivas son cuando el cultivo se encuentra en madurez de cosecha, pueden atrasarla o dificultarla, favorecer el desarrollo de enfermedades, el rebrote y la pérdida de calidad de la semilla, lo que también puede ocurrir si el exceso de precipitaciones se produce cuando el cultivo ya está hilerado para ser posteriormente trillado.

Edáficos

Los suelos más adecuados son los franco-arcillosos o franco-limosos ya que tienen mayor capacidad de retención de agua. Los suelos deben ser fértiles, de textura mediana y con buen drenaje, ya que en suelos pesados se puede dificultar el establecimiento del cultivo (Ehrensing, 2008) y además el lino es un cultivo propenso a la asfixia radicular. Tolera variaciones en el grado de acidez, pero el pH óptimo es entre 6 y 7. Es una planta sensible a la salinidad (Acosta, 1980). Los requerimientos nutritivos dependen de numerosas variables, entre ellas las características del cultivar, las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo, la biomasa total y consecuentemente, los rendimientos alcanzados. De acuerdo a dichas condiciones, el lino es un cultivo que puede remover cantidades apreciables de nutrientes desde el suelo.

En las tablas 3.2 y 3.3 se presenta la cantidad de nutrientes movilizados para distintos niveles de materia seca acumulada durante el ciclo del lino según datos de ensayos en el Institut Technique Agricole du Lin de Francia (Sultana, 2001).

Tabla 3.2: Movilización de macronutrientes en el cultivo de lino (tallos+hojas+fructificaciones) para tres niveles de biomasa en kg.ha⁻¹

Biomasa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
6,5 t.ha ⁻¹	70	12	70	7	23	6
9,3 t.ha ⁻¹	105	20	110	10	40	-
16,5 t.ha ⁻¹	123	30	230	14	64	17

Tabla 3.3: Movilización de micronutrientes en el cultivo de lino (tallos+hojas+fructificaciones) para tres niveles de biomasa en g.ha⁻¹

Biomasa	Mn	Zn	Cu	B
6,5 t.ha ⁻¹	130	120	32	100
9,3 t.ha ⁻¹	-	300	-	230
16,5 t.ha ⁻¹	113	264	73	290

La cantidad movilizada y extraída dependerá de la variedad, de la materia seca lograda por el cultivo y del rendimiento en semilla, es así que Bauer et al. (2015) registraron valores sensiblemente menores a los señalados en las tablas asociados a una menor biomasa acumulada. De acuerdo a datos obtenidos en el CETIOM (Albert, 1995), del total de nutrientes movilizados para un rendimiento de 2500 kg.ha⁻¹, la exportación de los mismos corresponde a alrededor de 70% de N, 75% de P y 20% de K₂O. En ensayos realizados en La Plata se registró que para producir 1000 kg de semilla de lino el cultivo necesitó movilizar 57 kg de N y extrajo 38 kg. Estos valores son promedio de cuatro años y fluctuaron de acuerdo al rendimiento en semilla y a la biomasa acumulada en cada año (Flores et al., 1998; Sánchez Vallduví et al., 1998; 2000; Sánchez Vallduví y Flores, 2007).

El ritmo de acumulación del N a lo largo del ciclo del cultivo es semejante al de la materia seca. En las etapas iniciales, la tasa de acumulación es baja y se hace máxima en el período comprendido entre primeros pimpollos visibles y fin de floración, momento donde ya acumuló más del 70% del N total al final de su ciclo. La acumulación de N sigue luego de la floración, lo que se relaciona con la formación de las semillas y llenado de las mismas. Esto se vincula con las pocas reservas que tiene en sus órganos vegetativos para ser redistribuidas durante el desarrollo de las cápsulas (Hocking y Pinkerton, 1991; Sánchez Vallduví y Flores, 2007).

En el lino oleaginoso el N favorece la acumulación de biomasa, el número de ramificaciones, el número de semillas y peso de las mismas y consecuentemente el rendimiento de semilla, aunque puede disminuir el contenido de aceite (Hocking, 1995; Flores et al., 1998) El fósforo

favorece la definición en el número de cápsulas por planta como consecuencia de una mayor ramificación y afecta el contenido de aceite en la semilla (Hocking y Pinkerton, 1993). El K incide en la calidad de la fibra (característica importante para lino textil) e incrementa la concentración de aceite y el índice de yodo (Hocking et al., 1987). El lino es muy sensible a la deficiencia de zinc, absorbiendo la mitad de lo que demanda durante todo el ciclo cuando alcanza 2 a 3 cm de altura, por lo cual se observan los síntomas de deficiencia en etapas tempranas de crecimiento observándose plantas con aspecto grisáceo (Terres Inovia, 2020). El boro también es un micro-nutriente de importancia para su buen crecimiento y desarrollo (Sultana, 2001).

El patrón de distribución de los nutrientes cambia a lo largo del ciclo. En etapas iniciales las hojas tienen la mayor proporción del N y P, pero durante la formación de las cápsulas y el llenado de las semillas, los órganos reproductivos (cápsulas) tienen el 70-80% del total. Respecto al K, en etapas tempranas el patrón de distribución es semejante al de N y P. Después de floración los tallos comienzan a ser tan importantes como las cápsulas y en madurez la distribución del K es equitativa entre tallos, hojas y cápsulas, es por este motivo que ocurre una alta restitución al suelo de este nutriente. La redistribución interna de algunos nutrientes ocurre desde los órganos vegetativos durante el desarrollo de las cápsulas y llenado de las semillas. El 85% del N y el 75% del P acumulado en la materia seca de las cápsulas, fue obtenido por redistribución de estos nutrientes desde hojas y tallos. La redistribución del K no es tan pronunciada como la de N y P. Las hojas son la fuente de redistribución del K destinado a las cápsulas y los tallos continúan acumulando K a lo largo del ciclo. La redistribución de Mg y Ca desde tallos y hojas es limitada (Hocking et al., 1987).

Adaptabilidad del cultivo de lino

El lino es un cultivo que presenta una gran elasticidad, puede desarrollar tanto en climas tropicales como subtropicales. Se lo cultiva desde el Ecuador (Etiopía) hasta el círculo polar (Rusia, Canadá) (Acosta, 1980). Si bien es un cultivo que se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales, las temperaturas frescas en floración favorecen el rendimiento de semilla y la cantidad y calidad del aceite, por ello estas características generalmente son mejores en las latitudes más altas (Ehrensing, 2008). En Argentina, se cultivan variedades primaverales, aunque su crecimiento y desarrollo ocurre en invierno debido a que es el período del año que garantiza la disponibilidad de condiciones ambientales adecuadas, mientras que en latitudes mayores los cultivares primaverales crecen en verano.

Es un cultivo que requiere clima templado fresco. De las condiciones ecológicas que actúan sobre la planta, el clima es el factor menos controlable y marca los límites donde puede desarrollarse. En zonas donde mejor se satisfacen las exigencias bioclimáticas es donde puede manifestar mayor rendimiento, siendo el clima el que modifica las variaciones anuales de rendimiento. Por otra parte, este factor es el que determina la región potencial para el cultivo, la cual se superpone en gran parte con la región triguera y al ser menos exigente en horas de frío que dicho cultivo

puede sembrarse en zonas más cálidas. En el capítulo 2 se describió la evolución de la superficie sembrada con lino en Argentina, de donde surge que nuestro país fue linero por excelencia. En Argentina, se han realizado estudios que relacionan la superficie sembrada con lino, su distribución en distintas áreas y los rendimientos con los requerimientos bioclimáticos del cultivo (Pascalle et al., 1968). En 1980, Acosta describió zonas del cultivo de acuerdo a las características del suelo, del clima y las producciones predominantes en cada una de ellas. Posteriormente, este mismo autor, a partir de experimentos hechos en Pergamino, definió seis subregiones establecidas en base a los requerimientos del cultivo y las características ecológicas de cada una de ellas (Acosta, 1987) (Figura 3.4).

Si bien, estas zonas superan en valor de superficie al área actual sembrada con lino (Capítulo 2) y posiblemente hayan cambiado los sistemas productivos desde que fueron planteadas a la actualidad, dan cuenta de la potencialidad que tiene el cultivo para el desarrollo en Argentina desde el punto de vista ecológico. Conocerlas y entender la relación que existe entre las características que las definen y los requerimientos del cultivo permite tomar decisiones de manejo adecuadas (Ferrando, 2007) (Capítulo 4). Actualmente la mayor superficie con lino se encuentra en la provincia de Entre Ríos en las subzonas agroecológicamente homogéneas (ZAH) descritas por Papparotti y Gvozdenovich (2007) como VIII y XIII correspondientes al Sur oeste y Centro norte de la provincia.

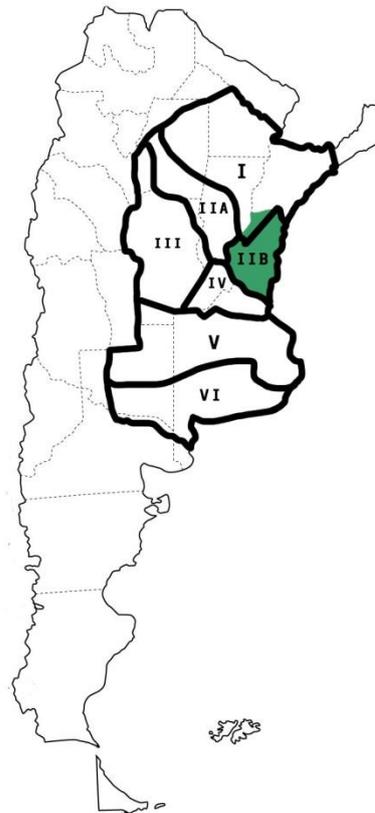


Figura 3.4: Regiones potenciales para el cultivo de lino en Argentina

(Adaptado de Acosta, 1987)

Diseño y edición de imagen por Amparo B. Andreoli

Definición del rendimiento del cultivo

La interacción entre las características morfológicas y fisiológicas propias del lino, sus requerimientos ecofisiológicos, el manejo y el ambiente en el cual suceda el ciclo del cultivo, será determinante en la definición del rendimiento en semilla y aceite, de la calidad del producto obtenido y la sustentabilidad del sistema en el cual se inserte. Generalmente hay una asociación positiva entre la definición de la producción de semilla y la materia seca acumulada, por lo cual aquellos factores que modifiquen la producción de materia seca también lo harán con el rendimiento expresado en kg de semillas y kg de aceite por unidad de superficie.

A lo largo del ciclo se van definiendo distintos componentes que hacen al rendimiento final, ellos son: las plantas logradas por unidad de superficie (m^2 o ha), el número de semillas por planta, el peso de mil semillas y el porcentaje de aceite en la semilla. Su determinación se relaciona con el manejo y el ambiente en el cual ocurren los procesos que los definen. Por este motivo es importante conocer cuáles son los requerimientos del cultivo para que los procesos que afectan la producción de semilla y aceite ocurran en un ambiente favorable, es por esto que es necesario tomar las decisiones del manejo del cultivo teniendo en cuenta dichas características y así disminuir la posibilidad de que los períodos más críticos para la definición del rendimiento ocurran en momentos desfavorables para el cultivo.

El primer componente del rendimiento que se define a lo largo del ciclo es el **número de plantas por unidad de superficie**. En principio, estará dado por la densidad de siembra que se decida utilizar de acuerdo a los criterios más adecuados a cada situación (Capítulo 4). No obstante ello, generalmente el número de plantas a cosecha en el cultivo de lino es mucho menor que la densidad teórica planteada al momento de la siembra. Esto ocurre por numerosos factores, uno de ellos es relacionado a características propias de la semilla (Freer, 1993) y puede ser afectada por las condiciones ambientales (baja temperatura, déficit o exceso de agua, tipo de suelo), presencia de adversidades (insectos de suelo, hormigas, patógenos) y/o profundidad de siembra excesiva.

A medida que transcurre el crecimiento del cultivo, al inicio muy lentamente, se produce el crecimiento de los órganos vegetativos y reproductivos. Cada planta crece en altura, produce hojas, ramas y diferencia su ápice de vegetativo a reproductivo. A medida que esto ocurre se acumula materia seca aérea y radical cuya estructura y volumen condicionará la capacidad para capturar recursos (agua, nutrientes y radiación) y convertirlos en materia seca. Estos procesos están definidos por características propias de la variedad, la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales en las cuales transcurren. Durante la floración y fructificación queda definido el subcomponente **número de cápsulas por planta** y el segundo componente del rendimiento que es el **número de semillas por planta**. Este componente es el más determinante del rendimiento y es muy variable ante diferentes condiciones ambientales y de manejo del cultivo. Se define a partir del número de flores, luego de las flores que llegan a formar fruto, y finalmente el número de semillas por cápsula. Está directamente relacionado con la biomasa acumulada en floración (Dybing y Grady, 1994). Esta variable se relaciona con la disponibilidad y uso

de recursos mientras ocurren los procesos mencionados, con la época de siembra y con la variedad (su longitud de ciclo y potencialidad de ramificar). En siembras tardías se acorta el ciclo, las plantas serán más chicas, con menos órganos vegetativos y reproductivos y, consecuentemente, menos materia seca (Hassan et al., 1999). También se reduce la duración de la floración y la capacidad de compensar situaciones de estrés al generarse la abscisión de órganos reproductivos que ya no pueden ser compensados (Sorlino et al., 2004). El estrés durante la floración e inicio de fructificación es crítico para la determinación del rendimiento en semillas, aceite y su calidad (Mirshekari et al., 2012). Lo mismo ocurre si el cultivo no tiene la posibilidad de utilizar los recursos necesarios para la definición del número de semillas por planta (Ceh et al., 2020). Este componente también es modificado por la temperatura, si ésta es muy alta será menor el número de cápsulas por planta y de semillas por fruto.

Por último, se define el **peso de las semillas**, esta variable tiene un gran componente genético (cada variedad tiene un peso de mil semillas potencial) pero también puede ser modificado por las condiciones ambientales en las cuales ocurre el proceso de llenado. La baja disponibilidad hídrica y las altas temperaturas durante dicho proceso afectan negativamente el peso de las semillas y también el contenido y calidad del aceite (Mirshekari et al., 2012). Si el llenado ocurre a temperaturas altas las semillas serán más livianas, tendrán menor porcentaje de aceite y menos contenido de ácido alfa linolénico (Gallardo et al., 2014).

En la figura 3.5 se muestran una curva de acumulación de materia seca de lino en La Plata y los períodos de definición del rendimiento y sus componentes.

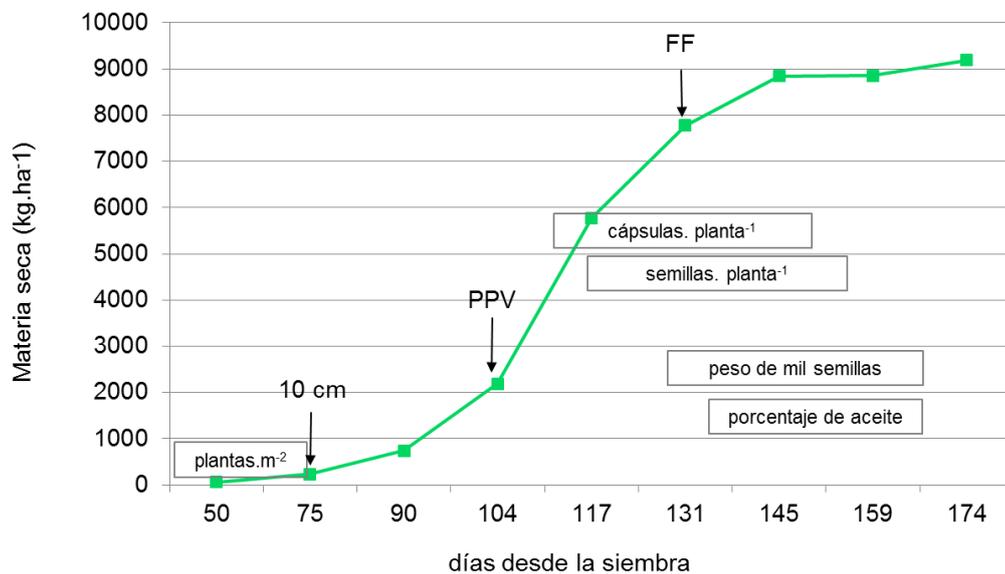


Figura 3.5: Determinación del rendimiento y sus componentes en un cultivo de lino
(Adaptado de Sánchez Vallduví y Flores, 2007)

Referencias: 10 cm: 10 cm de altura de planta, PPV: primeros pimpollos visibles, FF: fin de floración

Referencias

- Acosta, P. P. (1980). Lino para semilla y fibra. En: Dimitri, M. (Director) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y jardinería*. Segunda Edición. Tomo II, fascículo 12-2. Editorial ACME S.A.C.I.
- Acosta, P. P. (1987). Consejos prácticos para la siembra del lino. Boletín de divulgación Técnica N° 64. INTA. EEA, Pergamino, 1-20.
- Albert, C. (1995). Lin graine. Centre Technique Interprofessionel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM), 1-4.
- Bauer, P. J., Stone, K. C., Foulk, J. A. y Dodd, R. B. (2015). Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and zinc in Southeastern USA harvested flax. *Crop, forage and turfgrass management*, 1-5.
- Casa, R., Russell, G., Lo Cascio, B. y Rossini, F. (1999). Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy*, 11, 267-278.
- Ceh, B. Straus, S., Hladnik, A. y Kusar A. (2020). Impact of linseed variety, location and production year on seed yield, oil content and its composition. *Agronomy*, 10, 1-13.
- CETIOM. (1994). Lin Oleagineux: La Recherche progresse. *Oléoscope. Le Bulletin du CETIOM* N° 20, 1-4.
- De Fina, A. L. (1939). Sumas térmicas y duraciones del día que determinan la floración del lino (*Linum usitatissimum* L.). *Pyysis (XVIII)*, 290-315.
- Dieprenbrock, W. y Pörksen, N. (1993). Effect of stand establishment and nitrogen fertilization on yield and yield physiology of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Crops and Products*, 1, 165-173.
- Dimitri, M. J. (1959). Lináceas. En: Parodi, L. R. (Director). *Enciclopedia Argentina e Agricultura y Jardinería*, Descripción de las plantas cultivadas, V (I) (pp. 518-519). Buenos Aires, Editorial ACME S.A.C.I.
- Dybing C. D. y Grady, K. (1994). Relationships between vegetative growth rate and flower production in flax. *Crop Science*, 34, 483-489.
- Dybing, C. D. y Zimmerman, D. C. (1965). Temperature effects on flax (*Linum usitatissimum* L.) growth, seed production, and oil quality in controlled environments. *Crop Science*, 5, 184-187.
- Ehrensing, D. T. (2008). Flax. Oilseed crops. Extension Service, EM 8952-E, 1-9.
- Ferrando, J. P. (2007). El cultivo de lino. *Agromercado*, 266, 4-7
- Flax council of Canada. (2021). Growth and Development. En: *Growing flax* (pp 15-17) Recuperado de: <https://flaxcouncil.ca/growing-flax>
- Flores. C.C., Sánchez Vallduví, G. E. y Dorado, I. (1998). Modificaciones en la producción y partición de materia seca en lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) por efecto de la fertilización nitrogenada. *III Reunión Nacional de oleaginosos*, Bahía Blanca, Argentina, 221-222.
- Freer, J. B. S. (1991). A development stage for linseed (*Linum usitatissimum*). *Aspects of Applied Biology*, 28: 33-40.

- Freer, J. B. S. (1993). Linseed husbandry, a UK perspective. *Industrial Crops and Products*, 1, 211-217.
- Gallardo, M. A., Milisich, H. J., Drago, S. R. y González, R. J. (2014). Effect of cultivars and planting date on yield, oil content and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum*). *International Journal of Agronomy. Hindawai Publishing Corporation*, (2014) pp 7, Article ID150570.
- Giménez, P. I. y Sorlino, D. M. (2006). Lino. En: De la Fuente, E. B., Gil, A., Gimenez, P. I., Kantolic, A. G., Lopez Perieira, M., Ploschuk, E. L., Sorlino, D. M., Vilariño, M. P., Wassner F. F. y Windauer, L. B. (Editores) *Cultivos Industriales*. (pp. 215-239). Buenos Aires, Argentina, Editorial Facultad de Agronomía.
- Hassan, F. U., Leitch, M. H. y Ahmad, S. (1999). Dry matter partitioning in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Agronomy & Crop Science*, 183, 213-216.
- Hocking, P. J. (1995). Effects of nitrogen supply on the growth, yield components, and distribution of nitrogen in linola. *Journal of plant nutrition*, 18 (2), 257-275.
- Hocking, P. J. y Pinkerton, A. (1991). Response of growth yield components of linseed to the onset or relief of nitrogen stress at several stages of crop development. *Field Crop Research*, (27), 83-103.
- Hocking, P. J. y Pinkerton, A. (1993). Phosphorus nutrition of linseed (*Linum usitatissimum* L.) as affected by nitrogen supply: effects on vegetative development and yield components. *Field Crop Research*, 32, 101-114.
- Hocking, P. J., P. J. Randall y A. Pinkerton. (1987). Mineral nutrition of linseed and fiber flax. *Advances in agronomy* (41), 221-296.
- Kandel, H. y Keene, C. (2020). Flax production in North Dakota. NDSU Extension, A1038, 1-6. Recuperado de: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/flax-production-in-north-dakota/a1038-flax-production-nd.pdf>
- Larsen, A. (1969). Experiments on the net assimilation rate flax (*Linum usitatissimum*). *Acta Agriculturae Scandinavica*, 10, 226-236.
- Major, D. J. (1980). Photoperiod resposete characteristics controlling flowering of nine crop species. *Canadian journal of plant science*, 60, 777-784.
- Mirshekari, M. Amiri, R., Nezhad, H. I. (2012). Effects of planting date and water deficit on quantitative and qualitative traits of flax seed. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environmental Science*, 12 (7), 901-913.
- Paparotti, O. y Gvozdenovich, J. (2007). Caracterización de zonas y subzonas del proyecto Red de información agropecuaria (RIAP) Entre Ríos. *Informe EEA Paraná Entre Ríos* (pp. 1-26). Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/caracterizacion-de-zonas-y-subzonas-riap-entre-rios-1>.
- Pascale, A. J., Remussi, C. y de Rosbaco A. M. (1968). Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en la Argentina. *Revista de la facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires*, 16 (3), 5-28.

- Rabourdin, N. (2019). Les stades du lin. Terres Inovia. Recuperado de: https://www.terresinovia.fr/7les_stades_reperes_du_lin
- Robles Sánchez, R. (1991). Cultivo de linaza (*Linum usitatissimum* L). En: Robles Sánchez, R. Editor), *Producción de oleaginosas y textiles* (553-572), 3ª edición. D. F. México: LIMUSA Grupo NORIEGA Editores.
- Sánchez Vallduví, G. E. (2012). *Manejo de malezas en lino. Evaluación de la competencia cultivo-maleza con un enfoque agroecológico*. (Tesis doctoral). Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26043>
- Sánchez Vallduví, G. E. y Flores, C. C. (2007). Acumulación y partición de la materia seca y del nitrógeno en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L). *Revista Científica Agropecuaria*, 11 (2), 77-86.
- Sánchez Vallduví, G. E., Chamorro, A. M., Tamagno, L. N., Signorio, R. D. y Miranda, W. R. (2006). Suma térmica para el cumplimiento del subperíodo emergencia-visualización del corimbo en distintos cultivares de lino Oleaginoso (*Linum usitatissimum* L). *XI Reunión Argentina de Agrometeorología*, La Plata, Argentina, 115-116.
- Sánchez Vallduví, G. E., Flores, C. C., Dorado I. y Golik, S. I. (1998). Acumulación y partición de nitrógeno en el cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.): influencia de la fertilización nitrogenada. *III Reunión Nacional de oleaginosos*, Bahía Blanca, Argentina, 223-224
- Sánchez Vallduví, G. E., Schalamuk, S., Pollini, L. M. y Herrero, R. C. (2000). Materia seca y N acumulado por el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L). Efecto de distintos patrones de siembra. *XXIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*, Río Cuarto, Argentina. 84-85.
- Sorlino, D. (1994). Factores que regulan la duración de la etapa fenológica emergencia-principio de floración de lino (*Linum usitatissimum* L). *VI reunión Argentina de Agrometeorología*, Argentina, 1-2.
- Sorlino, D. (1997). Fenología de la floración en lino (*Linum usitatissimum* L). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17 (1), 7-12.
- Sorlino, D. (2001). Efecto de la temperatura y la profundidad de siembra sobre la duración de la etapa siembra-emergencia en lino (*Linum usitatissimum* L). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21 (2), 129-134.
- Sorlino, D. M., Giménez, P. I. y Babboni, M. (2004). Dinámica de la floración y la absorción de órganos reproductivos en lino. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24 (3), 211-216.
- Sorlino, D. y D'Ambrogio, A. (1995). Variación de la duración de la etapa vegetativa en lino (*Linum usitatissimum* L) como respuesta a tratamientos de vernalización de distinta extensión. *II Reunión Nacional de oleaginosas*, Pergamino, Argentina, 131-138.
- Sorlino, D. y Trápani, N. (2000). Escala para la determinación de estadios fenológicos de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) a campo. *VIII Congreso Nacional y Segundo Latinoamericano de Agrometeorología*, Argentina, 1-5.
- Sultana, C. (2001). *Flax (Linum usitatissimum L). World Fertilizer use manual*. Institut Technique Agricole du Lin, 1-4. Recuperado de: <http://www.fertilizer.org>
- Terres Inovia. (2020). *Guía de cultura. Lin oleagineux*. Recuperado de: www.terresinovia.fr

- Yermanos, D. M. y Goodin, J. R. (1965). Temperature effects on vegetative growth and oil quality of flax. *Agronomy Journal*, 57 (5), 453-456.
- Zingaretti, O., Fernández, M. A. y Steffanazzi, R. (2015). Evaluación de cultivares de lino oleaginoso, en un año normal y un año húmedo en la región semiárida de la pampa central. *Semiárida. Revista de la Facultad de Agronomía UNLAPam*, V (25), 67-68.

CAPÍTULO 4

Manejo tecnológico del cultivo de lino

*Griselda E. Sánchez Vallduví, Andrea V. Dellepiane
y Lorena S. Schutt*

El cultivo de lino, una alternativa para considerar en un plan de rotaciones

Una de las consecuencias negativas del modelo de producción que domina en nuestro país es la disminución de la biodiversidad (De la Fuente y Suárez, 2008). Las rotaciones, son una estrategia que aporta al manejo del suelo, del agua, de adversidades y de la biodiversidad por lo cual, contribuye al diseño de agroecosistemas más resilientes (Nicholls, 2013).

El lino es una especie que puede ser incorporada en los sistemas productivos de la región pampeana argentina adaptándose a las condiciones bioambientales de la zona (Capítulo 3). Su inclusión es una alternativa interesante de bajo costo de producción, requiere poca inversión y se adapta a zonas marginales. Este aspecto resulta positivo para un modelo de producción basado en bajo uso de insumos y es un nicho en el mercado de productos orgánicos.

El lino se adapta a siembras consociadas, por lo que en sistemas de producción mixtos suele sembrarse con praderas permanentes o en intercultivo con leguminosas forrajeras. Posee bajo volumen de rastrojo (Pereira dos Santos et al., 1998) en relación a otros cultivos de invierno (colza o cereales) y menos aún que los cultivos de verano (maíz, sorgo, soja o girasol) (Golik et al., 2003; Chamorro y Tamagno, 2004; Flénet et al., 2006). El rastrojo luego de un cultivo de lino alcanza alrededor de 1500-3500 kg.ha⁻¹ dependiendo de las condiciones de cultivo, biomasa acumulada y el rendimiento alcanzado, aunque puede lograr valores superiores (Sánchez Vallduví et al., 2000; 2010; Sánchez Vallduví y Sarandón, 2011; Sánchez Vallduví et al., 2017). Cuando el lino se siembra en intercultivo con leguminosas forrajeras, el residuo es mayor que en su monocultivo debido al aporte de biomasa de la leguminosa, que le confiere cantidad y calidad al rastrojo (Sánchez Vallduví, 2012). El residuo del lino es muy fibroso y resistente, posee entre 15 y 25% de fibra en la paja proveniente del tallo y es de lenta descomposición.

Una consideración a tener en cuenta es que lo pueden afectar los insectos del suelo principalmente si sucede a una pradera ya que suele encontrarse abundante población de dicha plaga. En relación a las enfermedades, al ser susceptible a hongos de suelo principalmente *Fusarium*,

comúnmente denominado “marchitamiento”, cuyo agente causal puede permanecer muchos años viable en el suelo, debe dejarse un tiempo prolongado entre una siembra y otra de lino en el mismo lote y seleccionar cultivares resistentes a dicha enfermedad. Otra particularidad del lino es que tiene muy baja habilidad competitiva ante las malezas (Lutman, 1991; Sánchez Vallduví et al., 2007) con limitadas posibilidades de control una vez implantado el cultivo. Por estos motivos toma relevancia la elección del lote y el manejo de la vegetación espontánea en el sistema de rotación en el cual se incluya el lino.

Entre los antecesores se encuentran las pasturas, soja, sorgo y girasol. Los cereales de invierno son buenos antecesores del lino, cuando se siembra sobre sus rastrojos se favorece su rendimiento, con valores más altos cuando se siembra sobre rastrojo de cebada y trigo en comparación al de avena. Si el antecesor es un cultivo de invierno o girasol, el lapso entre la cosecha y la siembra del lino permite una mejor preparación del suelo y reposición de agua. A pesar de ello actualmente el antecesor más frecuente es la soja. La incorporación del lino rompe los ciclos de insectos y patógenos de los cereales por lo que generalmente en los cereales que suceden al lino hay menor prevalencia de enfermedades y plagas insectiles.

Los peores antecesores del lino son el mismo lino y la colza. El lino es sensible a compuestos fitotóxicos presentes y liberados del rastrojo de colza. Estas sustancias pueden disminuir la germinación o el crecimiento de las plántulas y afectar negativamente a las micorrizas arbusculares del suelo, hongos que son importantes especialmente para cultivos de sistema radical restringido como el lino (Thingstrup et al., 1998). Además, la colza consume gran cantidad de nutrientes y agua, lo que puede significar menor disponibilidad de dichos recursos para el cultivo siguiente. Sin embargo, el lino se puede considerar un buen antecesor de colza, lográndose buenos rendimientos de dicho cultivo cuando fue sembrado luego de lino.

Al evaluar los posibles sucesores del lino se encuentran los cereales de invierno, maíz y leguminosas, especies que aportan volumen y calidad de rastrojo. Estos cultivos tienen mayor capacidad para profundizar su sistema radical (aproximadamente 70 cm) y tomar recursos del suelo a mayor profundidad que el lino. Una secuencia alternativa a la más difundida, trigo-soja, es lino-sorgo lo que daría ventajas tanto desde el punto de vista económico como agronómico.

El lino es susceptible al encharcamiento debido a su sistema radical débil y poco profundo por lo cual no debiera tener limitaciones importantes en el perfil del suelo. Si se realiza labranza convencional, puede haber problemas por defecto o exceso de laboreo. Si la preparación es muy grosera, se dificulta el contacto suelo-semilla y si el suelo está muy refinado, puede favorecerse el planchado y dificultarse la emergencia. Actualmente, un alto porcentaje se siembra en forma directa, usando las maquinarias disponibles en la zona de producción.

Siembra

La siembra es un aspecto de fundamental importancia ya que constituye en gran medida al logro de una correcta implantación, buen desarrollo del cultivo y posterior rendimiento para lo

cual es necesario tener en cuenta los diferentes factores y sus interacciones para cada sistema productivo. Uno de ellos es la **selección del cultivar**, para lo cual es trascendente considerar las condiciones ambientales donde se desarrollará el cultivo, el manejo del mismo y la factibilidad de ocurrencia de problemas sanitarios. En Argentina se usan variedades de tipo primaveral (por su tolerancia a frío) aunque crecen y desarrollan como invernales (Capítulo 3). Es importante conocer su potencialidad de rendimiento en semilla, % de aceite, la duración del ciclo, su comportamiento frente a enfermedades, a vuelco especialmente en suelos muy fértiles y su potencialidad de rebrote primaveral. Si bien en los inicios del cultivo en Argentina se sembraba el lino para destino textil (Capítulo 2), actualmente se usan cultivares oleaginosos obtenidos en Argentina por el equipo de mejoramiento genético del INTA. Las variedades sembradas en el presente son: Aguará, Caburé, Panambí, Curundú y Carapé.

La época de siembra debe garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de modo que se cumplan sus requerimientos y disminuya el riesgo de factores adversos tanto bióticos como abióticos. La época en la cual se cumplen estos requisitos varía en función del ambiente. En Argentina se han establecido zonas agroecológicas y se han evaluado las épocas de siembra más convenientes para cada una de ellas (Acosta, 1988). En Entre Ríos, provincia donde se siembra más del 98 % del lino en la actualidad, la época más adecuada es desde el 15 de mayo al 15 de junio. Para el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, del 15 de mayo al 5 de julio. Para el centro de Buenos Aires, del 20 de junio al 10 de julio. Para el sur de dicha provincia, del 1 al 20 de junio y para Córdoba, del 1 al 15 de junio. Dichas provincias se corresponden con las zonas definidas por Acosta (1988) (Capítulo 3).

En cada zona, y de acuerdo a la época de siembra establecida, deberá definirse una fecha en función de factores climáticos (temperatura y humedad) y de manejo. De la correcta **fecha de siembra** dependerá la duración del ciclo y la definición de los componentes del rendimiento (número de semillas por planta y peso de mil granos). Ante el atraso de la fecha de siembra se acorta el ciclo por la exposición a temperaturas y fotoperíodos mayores y por lo tanto, cambia el momento de ocurrencia de las distintas etapas fenológicas (Figura 4.1). En una siembra tardía se afectan en forma negativa los distintos procesos que definen el rendimiento en semilla y en aceite, obteniéndose plantas de menor altura, menos ramificadas, con menos cápsulas por planta, menos número de semillas por cápsula y menos peso de mil semillas (Gallardo et al., 2014; Emam, 2019) lográndose plantas con menor biomasa aérea y rendimiento.

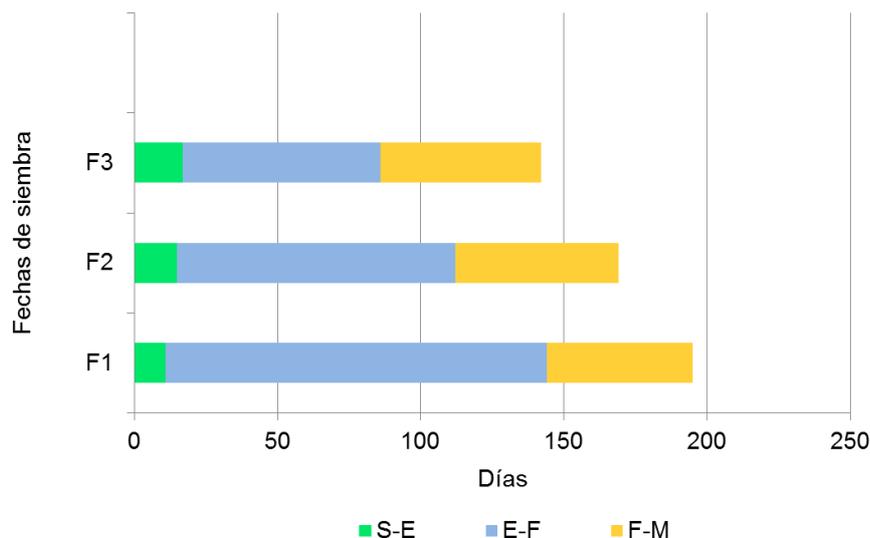


Figura 4.1: Duración del ciclo total y sus etapas fenológicas en lino, cultivar Panambí, en tres fechas de siembra. La Plata, Argentina, 2019

(Adaptado de Dellepiane et al., 2020).

Referencias: S-E: sub período siembra a emergencia, E-F: emergencia a floración, F-M: floración madurez, F1: 16 de mayo, F2: 10 de julio, F3: 7 de agosto

Un atraso importante en la fecha de siembra genera que la floración y el llenado de los granos ocurran con temperaturas altas, lo que afecta negativamente los procesos que suceden en dichos períodos, entre ellos, la formación de granos y la cantidad y calidad del aceite (Gallardo et al., 2014). Las semillas de plantas originadas de siembras tardías tendrán menor poder germinativo y menos vigor, características que serán peores si la semilla está envejecida (Siddique et al., 2002; Elayan, et al. 2015). Por otra parte, cuando la acumulación del aceite ocurre con altas temperaturas cambia la composición en ácidos grasos y se producirá menor concentración de ácidos linolénico y linoleico y mayor porcentaje de oleico. La variación en la composición acídica es más marcada a partir de temperaturas mayores a 20°C durante tres semanas posteriores a la floración (Dybing y Zimmerman, 1965; Green, 1986). Las semillas con menos contenido de ácido alfa linolénico tendrán menor índice de iodo y consecuentemente menor calidad industrial y, a su vez, tendrán menor calidad desde el punto de vista nutricional al contar con menos cantidad del ácido de la serie omega 3 o linolénico.

Otros aspectos a tener en cuenta son: la **densidad, el método de siembra y la calidad de la semilla**. Generalmente el cultivo de lino se siembra con sembradora de grano fino en surcos distanciados entre 15 y 17 cm, a chorrillo en la línea y a una profundidad de siembra no mayor a 2 cm. Es un cultivo que tiene capacidad para compensar sus componentes del rendimiento ante distintas densidades de siembra o espaciamentos entre surcos (Blackman y Bunting, 1954; Gubbels y Kenaschuk, 1989; Casa et al., 1999). Hay evidencias en ensayos nacionales e internacionales que demuestran que siembras con distancias entre surcos menores a las habituales, 7 o 9 cm entre surcos, pueden alcanzar rendimientos en semilla semejantes o mayores a una siembra realizada al voleo y mejorar el uso de los recursos disponibles (Alessi y Power, 1970; Acosta, 1972; Stevenson y Wrigth, 1996). La plasticidad del cultivo, hace que pueda alcanzar un

rendimiento en semilla semejante con rangos de densidad variables ya que tiene la capacidad de compensar el número de granos a través de la modificación en la cantidad de ramificaciones basales o del corimbo y consecuentemente, el número de cápsulas y semillas por unidad de superficie (Casa et al., 1999). Con aproximadamente 300 plantas.m⁻² se logran rendimientos adecuados dependiendo de las condiciones del cultivo y la cantidad de cápsulas por planta (Figura 4.2). En Francia se proponen un objetivo de 450- 500 plantas.m⁻² en cultivares primaverales, debido a que estos en ese ambiente ramifican menos que los invernales (Terres Inovia, 2020). Generalmente, en el período de implantación, se produce una pérdida de un 35 a 50% de las semillas sembradas (Capítulo 3), motivo por el cual la cantidad de semillas usadas es mayor al número de plantas logradas a cosecha.

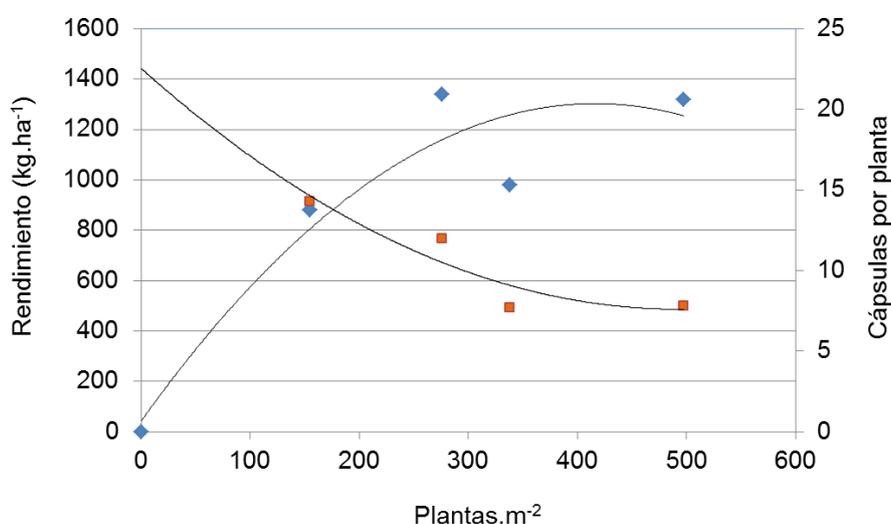


Figura 4.2: Rendimiento de semillas y número de cápsulas por planta de lino con distinto número de plantas de lino por m²

(Adaptado de Casa et al., 1999)

Referencias: Rendimiento triángulos azules, cápsulas por planta cuadrados terracota

Para calcular el volumen de semilla a sembrar por hectárea hay que tener en cuenta el peso de las 1000 semillas (Capítulo 3), el poder germinativo, la pureza y el número de semillas.m⁻² deseado. La cantidad de semillas por unidad de superficie dependerá de variables ambientales y de manejo, entre ellas la fecha de siembra, la potencialidad de presencia de adversidades, el régimen hídrico, las características propias de la variedad y la disponibilidad de recursos. Las fallas de germinación en lino son elevadas, para disminuirlas es importante usar semillas de calidad, con al menos 90% de poder germinativo, 85% de energía germinativa y 95% de pureza, características que dependerán de las condiciones de producción y de almacenamiento. Es posible necesitar alrededor de 50-60 kg.ha⁻¹ de semilla para sembrar, valor que variará de acuerdo a la conjunción de los aspectos mencionados, las características de la semilla y la decisión del número de plantas esperadas a cosecha.

En nuestro país está generalizada la siembra del lino en monocultivo. En algunos casos se siembra consociado con pasturas con el principal objetivo de dejar una pastura implantada luego

de la cosecha del lino. El lino se adapta bien a dichos sistemas lo que se relaciona con su baja habilidad competitiva no causando disminución en la productividad de la pastura (Martino, 1985). También puede sembrarse en intercultivo con leguminosas forrajeras. De acuerdo al ambiente en el cual se realice será la especie que mejor se adapte a dicho sistema. Hay evidencia de que el lino con trébol rojo es una alternativa de manejo más sustentable desde el punto de vista ecológico que el monocultivo y con rendimientos semejantes al monocultivo (Sánchez Vallduví, 2012). El intercultivo con leguminosas forrajeras mejora la cobertura del suelo en etapas tempranas, momento en el cual el lino cubre muy poco el suelo y aumenta la producción de biomasa en relación al monocultivo, quedando un residuo de mejor calidad por un mayor contenido de proteína que aportan las leguminosas que, además, brindan cobertura en el entresurco (Figura 4.3). En ensayos hechos en La Plata, de siembra de lino con trébol rojo, trébol blanco o lotus, se observó mejor cobertura del suelo con un importante aporte de las leguminosas lo que varía según la especie y el arreglo espacial (Tamagno et al., 2011; 2013).



Figura 4.3: Vista de lino en intercultivos con trébol blanco (a) y con trébol rojo (b) monocultivo con malezas (c) y monocultivo sin malezas (d)
Diseño y edición de imágenes por Amparo B. Andreoli

Adversidades y su manejo

Conocer los principales agentes externos (bióticos y abióticos) que pueden afectar el crecimiento, desarrollo y potencial de producción del lino, da elementos para tomar decisiones de manejo de las generalmente denominadas adversidades.

Climáticas

Entre las adversidades a tener en cuenta se encuentran las de origen climático, algunas de las cuales pueden ser controladas mediante decisiones de manejo adecuadas y ser evitadas. Una de ellas son las heladas tanto al inicio del cultivo como en floración (Capítulo 3), las que producen la muerte de la planta o pérdida de pimpollos, flores o cápsulas según el momento de ocurrencia y la intensidad. Otra adversidad son los períodos de sequía prolongados, principalmente durante la floración y el llenado de las semillas lo que genera granos chuzos o con menor porcentaje de aceite. Un efecto semejante se puede ver por golpes de calor con vientos fuertes en fructificación lo que provoca arrebatación y maduración anticipada produciendo granos pequeños, livianos y con menos cantidad y calidad de aceite.

Ocasionalmente, en algunas zonas puede ocurrir granizo, lo que genera el quiebre o lesiones de tallos impidiendo que se complete el ciclo del cultivo. También se puede considerar una adversidad de tipo ambiental al exceso de humedad en el suelo lo que genera la asfixia y muerte de plantas, aparición de enfermedades, rebrote primaveral o vuelco. El vuelco también puede ocurrir en lotes con alta fertilidad y primaveras lluviosas lo que favorece el crecimiento excesivo del tallo y caída del mismo (Acosta, 1980).

Enfermedades

Durante el ciclo de crecimiento el cultivo de lino es afectado por diversas enfermedades, las más importantes son: damping-off, marchitamiento, roya y pasmo. La incidencia sobre el rendimiento dependerá de la intensidad y el momento en que el cultivo sea afectado.

- **Damping-off o muerte de plántulas:** es ocasionada por un complejo de hongos del suelo: *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phoma* spp., *Sclerotium bataticola* y varias especies del género *Fusarium*, siendo los más frecuentes *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* y *Fusarium solani*. En algunos años se ha detectado la presencia de *Colletotrichum lini*. La enfermedad se presenta desde emergencia hasta 30-40 días después de la misma. Se observa marchitamiento, muerte de plántulas que presentan podredumbre de raíces, estrangulamiento del cuello y canchales en los tallos como consecuencia de la obstrucción de los vasos xilemáticos debido al crecimiento interior de los hongos. Generalmente, se detectan grupos de plantas afectadas alternadas con plantas sanas (Milisich et al., 1991).

Entre las estrategias de manejo se encuentran la siembra en fechas óptimas según cultivar y subregión para favorecer una rápida emergencia, uso de semillas de calidad, limpias (libres de restos vegetales), rotaciones preferentemente con gramíneas, incorporar el rastrojo para disminuir la sobrevivencia de los microorganismos de una estación a otra y favorecer una rápida degradación y, de ser necesario, tratar las semillas con fungicidas. Los principios activos registrados en Argentina para el control de los patógenos asociados a la muerte de plántulas son

carbendazim y carbendazim + thiram (CASAFE, 2021). A nivel mundial se han citado otras formulaciones para control de este grupo de patógenos (Singh et al., 2017).

- **Marchitamiento:** ocasionado principalmente por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*. La enfermedad puede detectarse durante todo el ciclo del cultivo, dependiendo del exceso de agua en el perfil y con temperaturas del suelo superiores a 15°C. Estas condiciones favorecen la penetración e infección del hongo a través de las raíces, afectando su sistema vascular y obstruyendo la normal circulación de agua y nutrientes. Un síntoma característico de esta enfermedad es que el ápice de crecimiento se curva hacia abajo en forma de cuello de cisne. En los primeros estadios del cultivo se pueden observar plantas amarillentas, marchitas y en estados más avanzados se observan plantas detenidas en su crecimiento, muertas, que permanecen erectas de color castaño oscuro. Estos síntomas pueden observarse en plantas aisladas o en manchones dentro del lote (Milisich et al., 1991).

Este hongo, habitante natural del suelo, se incrementa con las siembras sucesivas de lino en el mismo lote, y más rápidamente aun si el cultivar es susceptible, y puede permanecer en él varios años. Como *estrategias de manejo* se encuentran: la elección de cultivares resistentes, siembra en fecha óptima según cultivar y subregión para favorecer una rápida emergencia, usar semilla de calidad y con tratamiento de fungicida (idem damping-off), evitar dosis altas de fertilizantes nitrogenados y fosforados, realizar rotaciones largas, no menores a 3 años si se utilizó un cultivar resistente y de 6 a 9 años si era susceptible. En otros países se propone aplicar *Trichoderma harzianum* y *T. viride* a la semilla, solos o combinados con thiram y en aplicaciones al suelo, lo que disminuye sustancialmente el nivel de infección en el lote (Singh et al., 2017). También se pueden realizar pruebas de la capacidad infectiva del lote, entre 60 y 90 días antes de la siembra (Milisich et al., 1991), pero no es una práctica comúnmente utilizada.

- **Roya:** ocasionada por el hongo *Melampsora lini*. Puede afectar al lino desde estado vegetativo hasta la formación de cápsulas y semillas. Las infecciones aparecen generalmente en agosto y septiembre (dependiendo de la localización geográfica del cultivo), con temperaturas entre 18-23°C y con humedad relativa mayor a 85%. Las pústulas anaranjadas (uredosoros), se observan principalmente sobre las hojas, sin embargo, en ataques graves pueden observarse también sobre tallos, pedúnculos florales, sépalos y cápsulas. Hacia el final del ciclo del cultivo o cuando las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo de la enfermedad se observan pústulas de color negro brillante (teleutosoros), localizadas en hojas, tallos, ramificaciones superiores, pedicelos, etc. Sin embargo, si las condiciones ambientales vuelven a ser favorables aparecen nuevamente las pústulas anaranjadas, detectándose hasta 5 ciclos de infección durante el período de crecimiento del cultivo (Milisich et al., 1991).

Es considerada una enfermedad de aparición esporádica, habiéndose detectado en lotes de producción en Entre Ríos en los años 2012, 2014, 2015 (SIBER, 2012, 2014, 2015) y 2017 (información personal de Schutt, L.S.). La dispersión es anemófila por lo que la presencia de rastrojo en superficie de lotes infectados, la proximidad de los lotes y la presencia de plantas de lino voluntarias, son la principal fuente de inóculo para la posterior dispersión de la enfermedad y la posibilidad de generar nuevas razas. Dependiendo del momento de aparición y de la intensidad

del ataque las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar valores relativamente altos. En infecciones tempranas puede ocasionar defoliación parcial o total. Cuando aparece en floración y el ataque se prolonga hasta la formación de cápsulas y llenado de semillas, debido a condiciones altamente favorables, las pérdidas pueden ser mayores por el quebrado de los tallos en los sitios de formación de las pústulas negras en la base o el tercio inferior del tallo, lo que dificulta la cosecha (Milisich et al., 1991; Singh et al., 2017). En campos de elevada fertilidad y crecimiento vigoroso de las plantas, se generan condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad.

Entre las estrategias de manejo se encuentran: la siembra de cultivares resistentes, evitar siembras tardías y el exceso de fertilización nitrogenada, utilizar semillas certificadas, libre de restos vegetales (por posible presencia de teliosoros), eliminar plantas voluntarias, realizar rotaciones largas (no menores a 3 años), sembrar en un campo distante al del año anterior, incorporar el rastrojo para favorecer una rápida degradación y disminuir la probabilidad de sobrevivencia del hongo en superficie, usar fungicidas foliares sólo si el nivel de infección, estado del cultivo y condiciones ambientales lo justifican. En Argentina no hay fungicidas registrados para el control de esta enfermedad, pero en India, Singh et al. (2017) citan principios activos posibles para su control.

- **Pasmo:** enfermedad también denominada septoriosis, su agente causal es *Septoria linicola*. Su aparición puede detectarse en cualquier momento del ciclo del cultivo, desde el estado de plántula a madurez. Los síntomas iniciales son pequeñas manchas de color castaño oscuro en las hojas inferiores. La lluvia y el viento propagan la infección a las hojas superiores y al tallo, observándose bandas de color castaño oscuro sobre los mismos. Si el ataque es más intenso se observan síntomas sobre los pedúnculos florales, sépalos y cápsulas.

Las condiciones ambientales favorables para el desarrollo son primaveras húmedas con lluvias frecuentes y temperaturas superiores a los 20°C, siendo las óptimas de 21 a 23°C. La enfermedad es ocasionada comúnmente por la forma asexual (*Septoria linicola*), siendo los rastrojos y la semilla contaminada la principal fuente de inóculo. Sin embargo, se ha encontrado en el rastrojo la forma sexual (*Mycosphaerella linorum*), a partir de la cual podrían surgir nuevos biotipos más agresivos. La disminución del rendimiento está relacionada directamente con el nivel de infección alcanzado en floración y con las condiciones climáticas favorables o no para el desarrollo posterior de la enfermedad, pudiendo llegar al 40% (Milisich et al., 1991). En lotes muy afectados puede llegar a observarse madurez anticipada y/o manchones con plantas volcadas.

Entre las estrategias de manejo se pueden señalar: seleccionar cultivares con buen comportamiento (no hay en el mercado cultivares resistentes), uso de densidades y fechas de siembra óptimas, y buen control de malezas. Las densidades altas y la presencia de malezas crean un microclima apto para el desarrollo de la enfermedad (Rashid, 2015). Las fechas tardías exponen a los cultivos a mejores condiciones ambientales para el desarrollo de la enfermedad. Utilizar semillas certificadas, libre de restos vegetales (por posible presencia de picnidios de *S. linicola* y/o de peritecios de *M. linorum*). Realizar rotaciones no menores a 3 años. Sembrar en campo distante al del año anterior. Incorporar el rastrojo para favorecer una rápida degradación y disminuir la probabilidad de sobrevivencia de hongos patógenos en superficie. Aplicar fungicidas

foliares sólo si el nivel de infección, estado del cultivo y condiciones ambientales lo justifican. Al igual que para roya, en nuestro país no hay fungicidas registrados para el control de esta enfermedad, pero en otros países se han citado principios activos para su control (Haley, 2007; Islam, 2018; Flax Council of Canada, 2021).

Otras enfermedades de origen fúngico que han sido citadas a nivel mundial por Hoes (1993); Singh et al. (2017) y Flax Council of Canada (2021), son: oídio (*Oidium lini*), mancha foliar por *Cercospora lini*, tizón foliar por *Alternaria alternata*, *A. lini*, *A. spp.*, podredumbre del tallo (*Macrophomina phaseolina*), quebrado del tallo (*Aureobasidium pullulan* var. *lini* sin. *Polysora lini*) y podredumbre de la base del tallo (*Sclerotium rolsfii* y *Sclerotinia sclerotiorum*). Las enfermedades ocasionadas por virus, nematodos y fitoplasmas son consideradas de menor importancia.

Para disminuir el impacto de las enfermedades sobre el rendimiento y calidad del cultivo es necesario ajustar las prácticas de manejo para que reduzcan y/o minimicen el inóculo, utilizando combinación de estrategias (Mónaco, 2014) aportando a un manejo sustentable de las mismas. En la tabla 1 se muestra la importancia de diferentes estrategias de control.

Tabla 4.1. Importancia de las diferentes estrategias de control de enfermedades en el cultivo de lino

Enfermedad	Resistencia genética	Rotación de cultivos	Tratamiento de semillas	Aplicaciones foliares
Damping-off	++	+++	+++	0
Marchitamiento	+++	+++	++	0
Roya	+++	+++	0	++
Pasmo	+	+++	++	++

Referencias: 0=no recomendado; +=útil; +=importante; +++: muy importante

En la figura 4.4 se muestran plantas con síntomas de marchitamiento, roya y pasmo y en la figura 4.5 el período de aparición de las principales enfermedades.

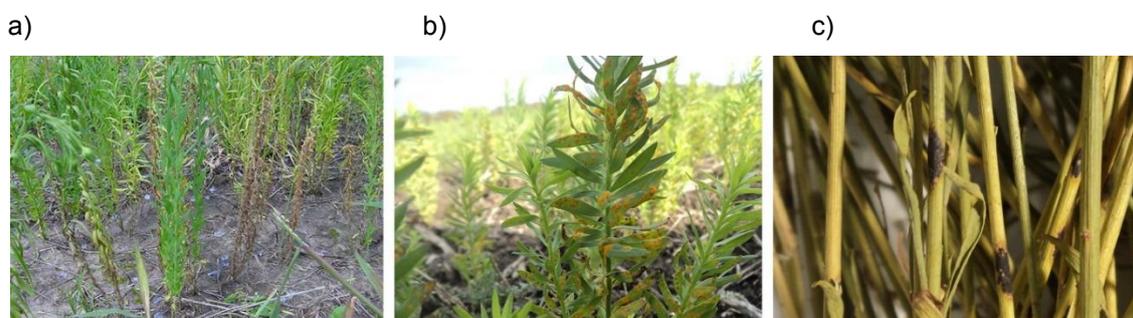


Figura 4.4: Vista de plantas de lino con marchitamiento (a), roya (b) y pasmo (c)
Diseño y edición de imágenes por Amparo B. Andreoli

Insectos

Son varios los insectos que pueden estar presentes durante el ciclo del lino. De acuerdo al nivel en el cual se encuentren causarán daños que signifiquen pérdidas importantes. Para pensar en un manejo de insectos es necesario conocerlos. Entre las especies de mayor importancia se encuentran las siguientes, las cuales no son específicas del lino:

- **Insectos del suelo:** afectan a la semilla recién sembrada o en proceso de germinación consumiéndola total o parcialmente, pero pueden continuar consumiendo plantas durante todo el ciclo del cultivo. Se destacan las larvas de: *Diloboderus abderus* (Bicho torito), *Astylus atromaculatus* (Astilo moteado), *Pantomorus leucoloma* (Gorgojo de la alfalfa), *Monocrepidius scalaris* (Gusano alambre) (Milisich et al., 1991). La pérdida de semillas o plántulas ocasionadas por este grupo de insectos puede ser compensada parcialmente por una mayor ramificación de las plantas que no sean dañadas. Para minimizar el impacto de estas plagas, es importante que la siembra se haga con buenas condiciones para favorecer una emergencia rápida y uniforme. Si se prepara el suelo con labranzas, éstas deben ser anticipadas para evitar la oviposición (primeros días de verano). En casos extremos puede ser necesario el tratamiento de la semilla con insecticida.

- **Las hormigas:** La especie que predomina es la hormiga negra común (*Acromirmex lundii*), sus daños son mayores en campos poco trabajados y cuando las plantas son pequeñas, pero por las características propias del cultivo de lino es susceptible hasta que pierde humedad, después de haber alcanzado la madurez fisiológica. Si bien luego de ser dañadas por hormigas, las plantas pueden responder ramificando tendrán un atraso en su crecimiento y desarrollo respecto a la fecha de siembra original, lo que redundará en pérdidas ocasionadas semejantes a las de una siembra tardía. El control se realiza con insecticidas directamente en los hormigueros, con cebos tóxicos o con un tratamiento generalizado.

- **Trips:** Los más frecuentes son: *Thrips tabaco* y *Frankiniella schultzei*. Ambos dañan en estados larvales y adultos, aumentan sus poblaciones al acercarse la floración y se estabilizan al llegar la madurez de la cápsula. Roen los tejidos vegetales y chupan los líquidos de las heridas que provocaron. Provocan zonas incoloras o amarillentas en hojas, pétalos, sépalos y cápsulas, también producen hojas retorcidas (Ríos de Saluso, 1993). El riesgo ocurre desde alrededor de los 10 cm de altura del cultivo debiéndose observar si están presentes desde etapas tempranas, pueden generar la detención del crecimiento al picar las yemas terminales y en estados avanzados provocar aborto de cápsulas (Terres Inovia, 2020). En Argentina se estimó un UDE de 13 trips por planta (Saluso, 2007).

- **Las isocas:** son un grupo de larvas de lepidópteros de varias generaciones. No son específicas del lino. Se alimentan de hojas, flores y cápsulas. Las especies principales son: *Rachiplusia nu* (Oruga o isoca medidora), quien se alimenta principalmente de hojas, también consume flores, daña la epidermis del tallo y hasta puede devorar cápsulas, *Pseudaletia adultera* (Oruga militar verdadera), que se alimenta de hojas, roe pedicelo de la cápsula pudiendo causar su caída, raspa el tallo y puede consumir cápsulas verdes y *Helicoverpa gelotopoeon* (Isoca

bolillera), que prefiere alimentarse de las semillas y, a su vez, lo hace de hojas, flores y roe el tallo. Las isocas secundarias son *Heliothis virescens* (Gusano cogollero) y *Peridroma saucia* (Gusano variado). Otras especies potenciales: *Spodoptera frugiperda* (Oruga militar tardía), *Spilosoma virginica* (Gata peluda norteamericana), *Euptoieta claudia hortensia* (Oruga espinosa), *Mallocephala deserticola* (Gata peluda), *Spodoptera ornithogalli* (oruga del yuyo colorado), *Faronta albilinea* (oruga desgranadora) (Ríos de Saluso, 1990). Los meses de ataque intensos son octubre-noviembre (Figura 4.5) dependiendo de las condiciones ambientales, período coincidente con la floración y fructificación del cultivo. Se cuenta con umbrales que tienen en cuenta la cantidad de isocas que justifican su control. Para isoca medidora es de 20-25 ejemplares y para el resto, 10 por cada 20 golpes de red, la oruga bolillera se cuenta cuando tiene al menos 1,5 cm de longitud (Milisich et al., 1991).

- **Chinche verde:** en Entre Ríos es frecuente encontrar daño por *Nezara viridula*, en especial en primaveras benignas que originan la salida anticipada de la invernación (Saluso, 2007). Se observan las ninfas agrupadas sobre las cápsulas y los adultos con el aparato bucal introducido en la cápsula. Las plantas infestadas presentan hojas curvadas, puntos oscuros en el tallo y muerte del extremo apical, semillas muertas o con reducción de su energía o poder germinativo, con anomalías en su morfología, necrosis de tejidos seminales y de plántulas y mayor porcentaje de hongos y bacterias (Ríos de Saluso y Formento, 1995).

Además de los insectos fitófagos, se han registrado predadores y parasitoides los que pueden realizar un control natural y favorecer el equilibrio en el cultivo (Saluso, 2007). La acción de ellos puede disminuir el daño provocado por el insecto plaga y consecuentemente la necesidad de realizar control químico, por lo cual son un valioso recurso para considerar en un manejo de las mismas en un contexto de menor uso de insumos químicos.

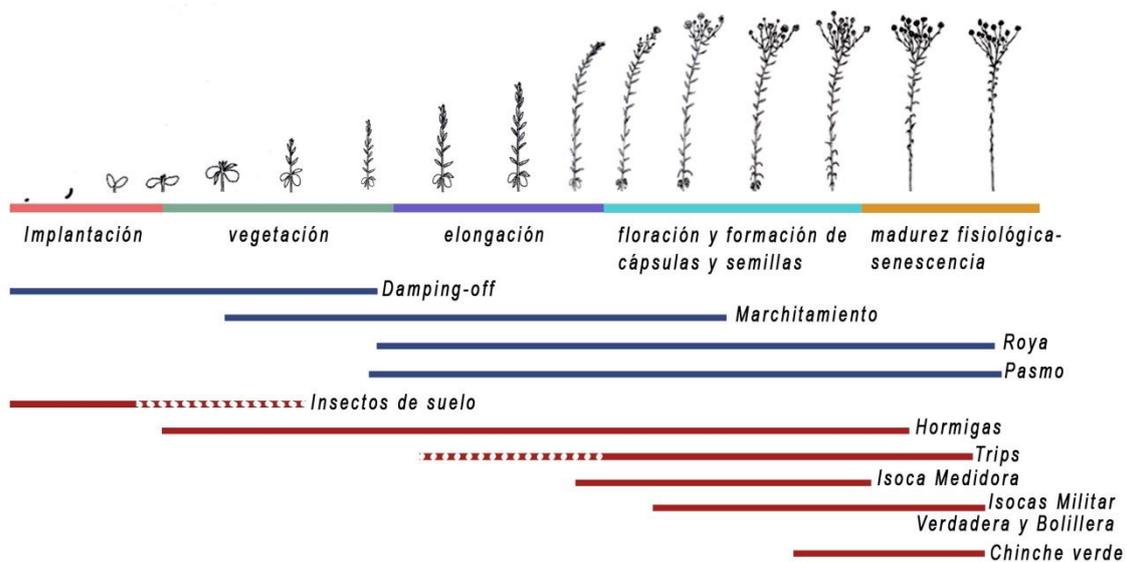


Figura 4.5: Ciclo del cultivo de lino y período de aparición de principales enfermedades e insectos
 (Ciclo del cultivo adaptado de Flax Council of Canada, 2021)
 Diseño y edición de imagen por Amparo B. Andreoli

Malezas

El lino se caracteriza por su escasa habilidad competitiva (menor que los cereales de invierno) debido a su lento crecimiento inicial y a la arquitectura de la planta por lo que se han registrado mermas del rendimiento entre 20-40% como respuesta a la competencia con la vegetación espontánea. Dicha magnitud depende de la interacción entre aspectos del cultivo, de las malezas y del ambiente. Por las características del sistema de siembra del lino son reducidas las posibilidades de realizar labores mecánicas de post-emergencia, motivo por el cual el control de las malezas luego de la siembra se realiza casi exclusivamente con herbicidas, práctica que genera un riesgo potencial de contaminación y también tiene un efecto negativo sobre el crecimiento del cultivo ya que éste posee alta susceptibilidad a los herbicidas.

Para poder tomar decisiones de manejo de las malezas es necesario conocer las características del lino, de las malezas y su interacción con el ambiente en el cual desarrollen. Un aspecto del cultivo a tener en cuenta es su capacidad competitiva y la etapa durante la cual la competencia con la vegetación espontánea genera mayor disminución del rendimiento. Esta disminución es mayor cuanto más largo es el período durante el cual ocurre la competencia, siendo más importante cuando ésta sucede antes del estado de primeros pimpollos visibles (Sánchez Vallduví et al., 1997). En el lino se registró que la presencia de malezas entre los 30 y 80 días desde la siembra provocó una disminución del rendimiento mayor al 10% respecto al cultivo sin malezas, lo que se asoció con la biomasa de malezas presente cuando se visualizaron los primeros botones florales del lino y provocó menor número de semillas por planta y porcentaje de aceite en la semilla (Barreyro y Sánchez Vallduví, 2002; Sánchez Vallduví et al., 2002). Dicho período, denominado crítico, puede variar en función de diversos factores entre ellos la comunidad de malezas, la densidad del cultivo y de la maleza, el arreglo espacial o la fecha de siembra del cultivo. Conocer este período es un elemento para tomar decisiones que aporten al manejo de las malezas en el largo plazo.

Las malezas que se presentan en el cultivo de lino varían según las distintas zonas, condiciones ambientales, historia del lote, fecha de siembra, entre otros factores. En la zona de mayor área sembrada (Entre Ríos) las malezas más importantes son las latifoliadas y en especial las crucíferas, tanto por su presencia como abundancia relativa. Algunas de las malezas son comunes en la mayoría de las zonas de cultivo tales como: *Brassica campestris* (nabo), *Raphanus sativus* (nabón), *Polygonum aviculare* (sanguinaria), *Convolvulus arvensis* (enredaderas perenne o campanilla), *Polygonum convolvulus* (enredadera anual), etc. Sin embargo, en la provincia de Buenos Aires predominan *Chenopodium* sp. (quinoa) y los cardos, como *Carduus acanthoides* (cardo negro) y *Cynara cardunculus* (cardo de Castilla), mientras que en Santa Fe y Córdoba hay enredaderas y sanguinaria.

También pueden encontrarse otras especies vegetales espontáneas, entre ellas crucíferas como *Brassica nigra* (mostaza negra), *Rapistrum rugosum* (mostacilla). Además, otras latifoliadas como *Anthemis cotula* (manzanilla cimarrona), *Coronopus didymus* (mastuerzo), *Wedelia glauca* (sunchillo), *Anagallis arvensis* (nomeolvides), *Bowlesia tenera* (perejilillo), *Ammi*

majus (falsa biznaga), *Fumaria officinalis* (flor de pajarito), *Amaranthus* sp. (yuyo colorado) y gramíneas como *Avena fatua* (avena guacha), *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo), *Lolium multiflorum* (ray gras), *Lolium temulentum* (trigollo), *Setaria argentina* (cola de zorro) y *Cynodon dactylon* (gramón).

En el marco de un diseño de agroecosistemas sustentables es relevante el manejo de las malezas para mantener niveles de infestación compatibles con una producción económica y ambientalmente sustentable. Desde una perspectiva agroecológica las estrategias deben adaptarse localmente y buscar responder a los principios agroecológicos (Sánchez Vallduví y Sarandón, 2014). Con el objetivo de establecer y mantener un sistema lo más competitivo posible (El Hag, 2019) es valioso integrar diversas estrategias (Kurtenbach et al., 2019; Kanatas, 2020), entre ellas se encuentran las labranzas, las denominadas culturales y las químicas.

Para la realización de *tratamientos químicos* se debe tener en cuenta la sensibilidad del lino a los herbicidas, por lo que cualquier falla en su aplicación se traduce en grandes perjuicios para las plantas. Por este motivo es muy importante la selección adecuada del herbicida, la dosis utilizada, el momento del desarrollo del cultivo y las condiciones ambientales en las cuales se aplique. Son pocos los herbicidas registrados para lino, no obstante ello, se usan algunos que no lo están. Pueden aplicarse en pre-siembra, pre-emergencia o post-emergencia. Los más utilizados son: en barbecho químico, glifosato; en pre-siembra, trifluralina; en pre-emergencia, atrazina y en post-emergencia, graminicidas como fluazipop-butil, haloxyfop-metil y para controlar malezas de hoja ancha: metsulfurón, pudiéndose utilizarse MCPA, dicamba o picloram (Ferrando, 2007). Una alternativa para disminuir la cantidad de herbicida es reducir la dosis. En el lino es frecuente usar las dosis más bajas de las recomendadas. En un ensayo en La Plata se registró un control de las malezas semejante entre usar la mitad o la dosis completa. A su vez, el uso de dosis reducida en siembra del lino en intercultivo con trébol rojo permitió una adecuada productividad del lino con un nivel de malezas tan bajo como la presente en el monocultivo con dosis completa de herbicida (Sánchez Vallduví et al., 2017).

Entre las estrategias llamadas culturales se encuentran el uso de *semilla de buena calidad*, limpia, con buen porcentaje de energía y poder germinativo para garantizar una emergencia rápida y uniforme. A su vez, es importante que las condiciones del suelo contribuyan a una rápida emergencia y así favorecer la capacidad del lino para la competencia.

Como se mencionó previamente, las *rotaciones* aportan al manejo de malezas a largo plazo. En el caso del lino, su rotación con cultivos que impidan el desarrollo de malezas que le son más competitivas, que corten el ciclo de las mismas o que ofrezcan la posibilidad de controlarlas, puede ser una valiosa herramienta para la planificación. Por otra parte, el uso de *densidades altas* de lino o el *arreglo espacial* con el cual se siembra, son prácticas que buscan favorecer la capacidad competitiva del cultivo al mejorar su captura de recursos y disminuir la de las malezas (Stevenson y Wright, 1996; Sánchez Vallduví et al., 2007).

Otra estrategia de manejo de malezas basada en principios ecológicos es la siembra en *intercultivo* a partir de la cual se pretende modificar el uso de los recursos generando sistemas más competitivos que el monocultivo. Desde el equipo de trabajo del Curso de Oleaginosas y

Cultivos Regionales se realizaron experiencias a partir de las cuales se registró que el intercultivo de lino con trébol rojo genera un sistema cultivado de mayor agresividad que su monocultivo, lo que se ve tanto en la producción de semilla como en la capacidad para capturar nitrógeno (Figura 4.6) (Sánchez Vallduví y Sarandón, 2011).

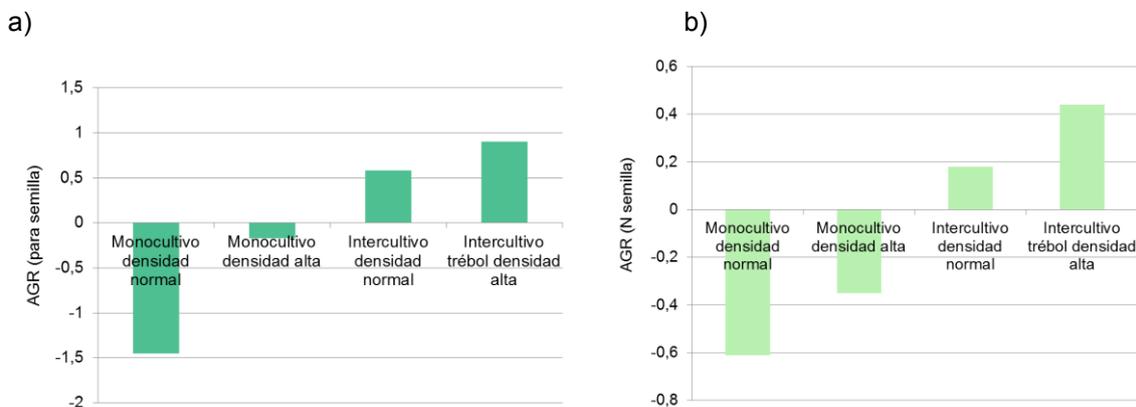


Figura 4.6: Índice de agresividad (AGR) del lino vs. malezas para peso de semillas (a) y N acumulado en la semilla (b) de lino sembrado a dos densidades, en monocultivo o intercultivo con trébol rojo
(Adaptado de Sánchez Vallduví, 2012).

Además del intercultivo con trébol rojo se evaluó con trébol blanco y con lotus y a distintos arreglos espaciales, alcanzándose rendimientos adecuados, con una biomasa de malezas semejante a la del monocultivo y un rastrojo con mayor volumen de leguminosas (Sánchez Vallduví et al., 2011). Existe evidencia de que si se continúa con la siembra en monocultivo y con control exclusivo de las malezas a través del uso de herbicidas, se verán comprometidas en el largo plazo la conservación del recurso suelo y la biodiversidad (Sánchez Vallduví, 2012; Sánchez Vallduví y Sarandón, 2013), por lo que es importante considerar la siembra en intercultivo como una estrategia en el manejo de malezas más sustentable que el monocultivo de lino con uso exclusivo de herbicidas, con más capacidad supresiva en aquellos donde la leguminosa se siembra al voleo (Tamagno et al., 2013; Sánchez Vallduví et al., 2015).

Nutrición y su manejo

Al pensar en el manejo de la nutrición, es necesario tener en cuenta el rendimiento esperado, los requerimientos de los distintos nutrientes, en qué período de su crecimiento los necesita y para qué procesos (Capítulo 3). No obstante la inminente necesidad de sustituir las tecnologías de insumos por las de procesos, la fertilización es la práctica más usada, aunque no siempre necesaria. En Argentina, el lino generalmente se fertiliza con nitrógeno y/o fósforo. La aplicación de fertilizantes junto a la semilla afecta la germinación y causa disminución en el número de plantas. Debido a la fitotoxicidad ocasionada por altas dosis de urea granular aplicada en la siembra, mayormente se usa fosfato diamónico o monoamónico.

Antes de tomar la decisión de fertilizar es preciso haber realizado un diagnóstico y luego evaluar si hace falta realizar dicha práctica, cuándo y con qué. Una de las formas para diagnosticar si el N disponible es adecuado para un rendimiento dado, es la curva de dilución a través de la cual se relaciona la concentración mínima de N necesaria para una determinada producción de materia seca (Flénet et al., 2006). A nivel local, en la provincia de Entre Ríos, se estableció la relación entre el N disponible como nitratos a la siembra en el suelo más el N agregado, y se definió para esa zona de cultivo un umbral crítico de $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a partir del cual se esperaría escasa o nula probabilidad de respuesta al agregado de N (Caviglia y Melchiori, 2006; 2008) (Figura 4.7). Otro método posible es el cálculo del balance con el cual se tiene en cuenta la cantidad de nutriente necesaria para el rendimiento esperado y el aportado (disponible en el suelo a la siembra, mineralizado durante el ciclo y el agregado).

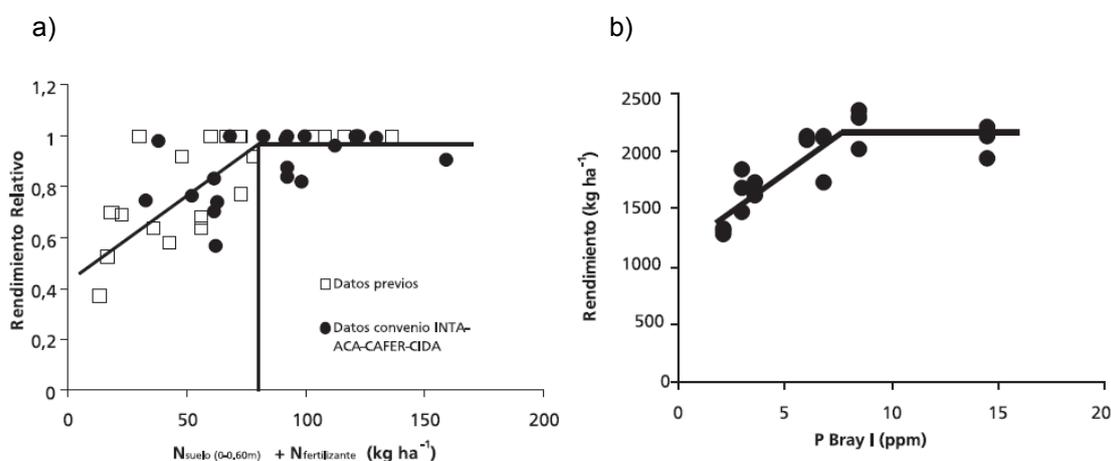


Figura 4.7: Relación entre rendimiento relativo de lino y nitrógeno disponible a la siembra (a) y entre rendimiento de lino y fósforo disponible (Bray Kurtz 1) en los 20 cm de profundidad de suelo (b) (Caviglia y Melchiori, 2006)

La deficiencia en N modifica la expansión foliar y en consecuencia la intercepción de la radiación solar por lo que la mejora en rendimiento por agregado de N se relaciona con una mejor intercepción de la radiación (Caviglia y Melchiori, 2008), mayor eficiencia en el uso de los recursos lo que se refleja en una mayor acumulación de materia seca de hojas al comenzar la floración, mayor índice de cosecha, mayor acumulación de biomasa aérea y consecuentemente mayor número de semillas por unidad de superficie (Diepenbrock y Pörksen, 1993; Sánchez Vallduví y Flores, 1999). La aplicación de N favorece el rendimiento con un adecuado nivel del mismo en floración (Hoking y Pikerton, 1991) (Capítulo 3). Por este motivo, la fertilización fraccionada le otorgaría el nutriente en el momento en el cual el cultivo lo requiere, favorecería el aprovechamiento por parte del cultivo, reduciría el riesgo por vuelco y de contaminación debido a pérdida por lavado y se podría disminuir la dosis usada. La información local respecto a la aplicación de fertilizante en distintos momentos del ciclo es escasa (Zingaretti et al., 1991).

La respuesta a la fertilización en lino es muy variable, dependiendo entre otros factores del nivel de nutriente en el suelo, dosis utilizada, momento de aplicación, disponibilidad hídrica en

prefloración, floración y llenado de granos (De Battista, 1986; Quintero, 1998). En algunos casos, a partir de la fertilización con nitrógeno aumentó el rendimiento en kg de semilla y disminuyó el % de aceite (Gallardo et al., 1991). Cuando la respuesta en el rendimiento al agregado de N es positiva, se asocia a plantas más ramificadas, más cápsulas y más semillas (Emam, 2019; Zhang et al., 2020). Un ejemplo de esta variabilidad en la respuesta se vio en La Plata, donde en ensayos con dosis crecientes de $N \cdot ha^{-1}$, en un año el rendimiento no varió (Sánchez Vallduví et al., 2000) y en otro, el lino fertilizado rindió más que el testigo sin fertilizar, sin diferenciarse entre dosis probadas (Sánchez Vallduví et al., 1998) (Figura 4.8), cuya curva ajustada mostró un rendimiento máximo con una dosis teórica de $107 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$.

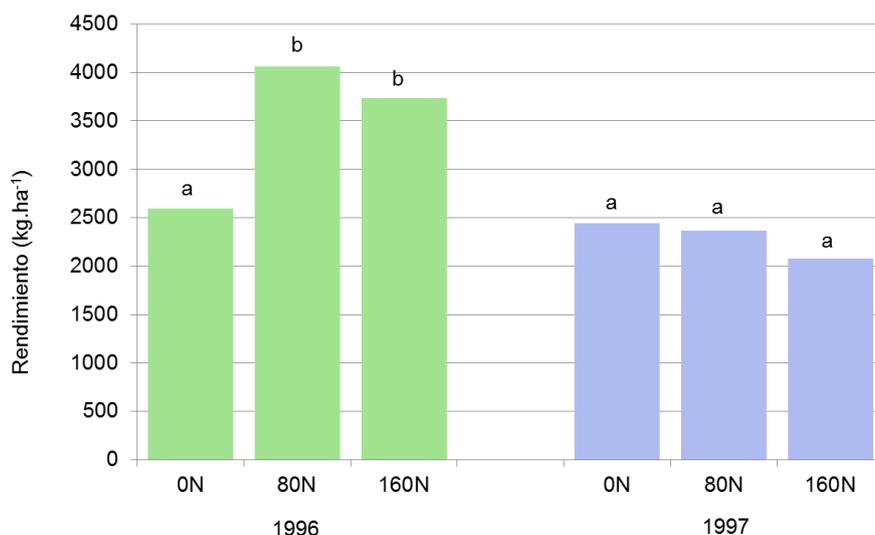


Figura 4.8: Rendimiento en semilla de lino ($kg \cdot ha^{-1}$) con tres niveles de fertilización nitrogenada. La Plata, 1996 y 1997

(Elaboración propia en base a datos de Flores et al. (1998) y Sánchez Vallduví et al. (2000)).

Una práctica que mejora el ciclado de nutrientes es la siembra del lino en intercultivo con una leguminosa. Dicho sistema genera un residuo de cosecha con más contenido de N que el monocultivo y, al ser incorporado al suelo, favorece las propiedades del mismo, proporciona más N que el monocultivo y consecuentemente menor requerimiento de fertilización con dicho nutriente en el cultivo que lo suceda (Sánchez Vallduví, 2012).

El fósforo es un nutriente que generalmente se encuentra deficitario como para garantizar el crecimiento adecuado del cultivo en la zona donde se desarrolla el mismo. La respuesta a la fertilización fosforada del lino es menor que en otros cultivos anuales. Valenzuela et al. (1993) establecieron distintos niveles de respuesta a la fertilización fosforada de acuerdo a la disponibilidad de dicho nutriente en el suelo y definieron como situación de alta probabilidad de respuesta cuando el fósforo disponible en el suelo se encuentra por debajo de 5,3 ppm, probabilidad media entre 5,3 y 8,8 ppm y baja probabilidad encima de 8,8 ppm. Posteriormente en Entre Ríos se obtuvo un umbral crítico para P extraíble de 7 a 8 ppm (Bray y Kurtz 1) en la capa superficial de suelo al momento de la siembra por encima del cual el rendimiento del cultivo no varía ante el agregado de dicho nutriente (Caviglia y Melchiori, 2006) (Figura 4.7).

La respuesta al agregado de fósforo se relaciona con la disponibilidad de N. Por este motivo, generalmente hay mejor respuesta en fertilizaciones combinadas de N y P (Vashishtha, 1993). También se ha registrado interacción en la respuesta a la fertilización con P y zinc con la concentración de cadmio en la semilla. La fertilización con P aumenta la concentración de cadmio y disminuye la de zinc. Por este motivo y sabiendo que el lino tiene alta concentración de cadmio en su semilla, se considera un cultivo alternativo para recuperar suelos con alto contenido de dicho metal. Sin embargo, si el destino de la semilla es para alimentación humana no sería deseable que esto ocurriera. En ese caso, un alto contenido de zinc podría disminuir la concentración de cadmio y generar una semilla de mejor calidad para el consumo humano (Grant y Bailey, 1997).

El lino es un cultivo exigente en zinc por lo cual en caso de encontrarse carente en el suelo la planta presentará aspecto grisáceo y a partir de los 6-10 cm los brotes terminales se tornarán blanquecinos, siendo en algunos casos necesario acudir a la fertilización (Raimbault, 2002).

En el marco de un manejo sustentable de los sistemas productivos, toma relevancia lo referente a la nutrición. Es necesario adecuar las decisiones a cada uno de ellos y buscar alternativas que favorezcan el ciclado de nutrientes promoviendo agroecosistemas con menos necesidad de incorporación de insumos externos al mismo para mantener la producción.

Cosecha

El lino es un cultivo de cosecha riesgosa debido a que generalmente coincide la maduración con la época de lluvias frecuentes, lo que dificulta su realización. Una particularidad de este cultivo es que la maduración de las cápsulas sucede antes que se sequen los tallos y sumado a esto las características fibrosas del tallo hacen que la calibración de la cosechadora se torne un factor muy importante para evitar pérdidas en esta etapa (Flax Council of Canada, 2021). El lino puede ser cosechado cuando las cápsulas toman un color amarillo-oro y las semillas se desprenden en su interior. Se dice que las bolillas "suenan". El momento aconsejable para iniciar la cosecha es cuando aproximadamente el 75% de las cápsulas están maduras, momento en que la humedad de las cápsulas es de 30% (Gubbels et al., 1993). El cultivo puede quedar en planta hasta la sobremadurez sin producirse desgrane y sin desmerecer el valor comercial del grano por un tiempo no mayor de 3 semanas.

Se pueden realizar dos tipos de cosecha: corte, hilerado y posterior trilla o cosecha directa, lo cual dependerá de la uniformidad en la maduración del lote y la presencia o no de vegetación espontánea, ya que estas condiciones pueden incorporar materia verde a la cosechadora y dificultarla, además de incorporar materias extrañas.

a) **Corte, hilerado y posterior trilla:** Las cápsulas maduran antes que se produzca la muerte total de los tallos, por este motivo la forma de cosecha más generalizada es cortar e hilar el lino dejándolo en el campo 2 a 3 días, para emparejar la maduración. Este método

es recomendado en lotes de maduración despareja y con presencia abundante de malezas. El corte debe efectuarse lo más alto posible, dejando las cápsulas suspendidas sobre los rastrojos de manera de facilitar la circulación de aire y consecuente secado. Se debe evitar el deterioro de las semillas y reducir el volumen de tallos que pasarán por la trilladora. Posteriormente se trilla con cosechadora provista de recolector, regulando la velocidad del cilindro, su ajuste, y el avance de la trilladora. Las pérdidas pueden ser ocasionadas por causas naturales previas a la operación de cosecha, por el corte-hilerado, en la andana y en la recolección y trilla. Es importante regular los procesos de la cosecha y el estado de la cosechadora de manera tal que en este sistema las pérdidas no superen el 9% del rendimiento (Meléndez et al., 1991).

b) **Cosecha directa:** También puede cosecharse en forma directa con cosechadora-trilladora. Para cosecharlo en pie debe estar bien maduro, de forma pareja, libre de malezas, y con no más de 10 a 11% de humedad en la semilla. Si se presentan las condiciones mencionadas, este sistema determina mayor seguridad de cosecha, menor riesgo durante la recolección y mejor calidad de semillas con menor costo de cosecha. En este caso las pérdidas son por causas naturales y por la cosechadora con una tolerancia de 5%. Una práctica posible para hacer cosecha directa es la desecación química para acelerar el secado del cultivo y de la vegetación espontánea, disminuyéndose el tiempo desde madurez a cosecha. Esta herramienta puede ser aplicada después que el 75% de las cápsulas tienen color marrón, la cual será económicamente viable dependiendo entre otros factores del rendimiento esperado.

Almacenamiento y comercialización

Una vez cosechada la semilla, ésta tendrá distintos usos y destinos (Capítulo 2) lo que definirá el tiempo y forma de su almacenamiento y comercialización. Es fundamental garantizar la calidad de la semilla almacenada, lo que dependerá, en principio, de la calidad inicial de la semilla que se almacene (sana, limpia y seca) y se regula con el adecuado nivel de temperatura y humedad, dependiendo además del tiempo que se pretenda almacenar. Si la humedad es mayor a 10,5% se producirá un aumento en la acidez, pérdida de viabilidad de la semilla y se favorecerá la afección por enfermedades e insectos.

La comercialización de la semilla se hace en base a la Norma XI (Res. 1075/94) (SAGyP, 2021) que determina las bases, tolerancia de recibo, bonificaciones y rebajas (Tabla 4.2). Su consideración desde el inicio de la planificación del cultivo es fundamental dado que con el manejo del mismo se modifican las características de la semilla a comercializar y consecuentemente el ingreso que reciba el productor.

Tabla 4.2: Norma de calidad para comercialización de semillas de lino

Rubros	Bases	Tolerancia de recibo	Bonificaciones	Rebajas
Contenido de materia grasa S.S.S. y L. (1)	40%	-----	Para valores superiores a 40% a razón de 1% por cada % o fracción proporcional	Para valores inferiores a 40% a razón de 1% por cada % o fracción proporcional
Acidez de la materia seca	1,5%	-----	-----	Para valores superiores a 1,5% a razón de 2,5% por cada % o fracción proporcional
Materias extrañas	-----	8% (incluido 0,5% de tierra)	-----	Hasta la tolerancia de recibo (8%) a razón de 1% por cada % o fracción proporcional. Para valores superiores a 8% se rebaja a razón de 1,25% por cada % o fracción proporcional
Humedad	-----	10%	-----	(2)

(1) Sobre sustancia seca y limpia

(2) Cuando la mercadería exceda la tolerancia de recibo para humedad se descontará la merma correspondiente de acuerdo a las tablas establecidas y la tarifa convenida de secado.

Debe estar libre de insectos y arácnidos vivos

Revolcado en tierra: Según la intensidad se arbitrará un descuento sobre el precio de 0,5-1,0 - 1,5-2,0%.

Referencias

- Acosta, P. P. (1980). Lino para semilla y fibra. En: Dimitri, M. (director) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y jardinería*. Segunda Edición. Tomo II, fascículo 12-2. Editorial ACME S.A.C.I.
- Acosta, P. P. (1988). ¿Por qué no se incrementa el rendimiento linero argentino? Boletín de divulgación Técnica N° 71. INTA. EEA, Pergamino, 1-11.
- Acosta, P. P. (1972). Determinación del método y la densidad de siembra para cultivares de lino oleaginoso. Informe Técnico N° 118, EEA Pergamino, Argentina, 1-15.
- Alessi, J. y Power, J. F. (1970). Influence of row spacing, irrigation and weeds on dryland flax yield, quality, and water use. *Agronomy Journal*, 62, 635-637.
- Barreyro, R. A. y Sánchez Vallduví, G. E. (2002). Delimitación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). *Planta Daninha*, 20 (3), 399-403
- Blackman, G. E. y Bunting, E. S. (1954). Studies in oil-seed crops II. An assessment of the inter-relationships between plant development and seed production in linseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Agricultural Science*, 45 (1), 3-9.

- Casa, R., Russell, G., Lo Cascio, B. y Rossini, F. (1999). Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy*, 11, 267-278.
- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes) (2021). *Guía de productos fitosanitarios*. Recuperado de: https://guiaonline.casafe.org/index.php/ms_session_manager
- Caviglia, O. P. y Melchiori, R. J. M. (2008). Fertilización en lino oleaginoso. En: Melgar, R. J. y Díaz Zorita, M. (Coord.). *La fertilización de cultivos y pasturas* (pp. 297-303). Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur.
- Caviglia, O. P. y Melchiori, R. J. M. (2006). Validación del diagnóstico de fertilización para nitrógeno y fósforo en lino oleaginoso. *Actualización técnica. Trigo y lino. Serie Extensión N° 39*. INTA-EEA Paraná, 23-27.
- Chamorro, A. M. y Tamagno, L. N. (2004). Producción de material seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*). *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*, 105 (2), 53-62.
- De Battista, J. J. (1986). Fertilización en lino en vertisoles de Entre Ríos. Boletín Técnico Serie Producción Vegetal N° 31. EEA Concepción del Uruguay. Entre Ríos, 1-6.
- de la Fuente, E. y Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral*, 18, 239-252.
- Dellepiane, A., Vázquez, F., Sánchez Vallduví, G. y Signorio, R. (2020). Cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.) en parcelas didácticas, La Plata 2019. Actividades de docencia, investigación y extensión 2018-2020. *Boletín de divulgación bianual de la Estación Experimental Julio Hirschorn*, 60-64.
- Dieprenbrock, W. y Pörksen, N. (1993). Effect of stand establishment and nitrogen fertilization on yield and yield physiology of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Crops and Products*, 1, 165-173.
- Dybing, C. D. y Zimmerman, D. C. (1965). Temperature effects on flax (*Linum usitatissimum* L.) growth, seed production and oil quality in controlled environments. *Crop Science*, 5, 184-187.
- El Hag, D. A. A. (2019). Efficiency of sowing method and weed control on growth, yield and quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Egyptian Journal of Agronomy*, 41 (1), 59-68.
- Elayan Sohair, E. D., Abdallah Amany, M., Naguib Nemat, A. y Mahmoud Doaa, I. (2015). Effect of date on yield, fiber and seed quality of eight flax genotypes. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 15 (5), 886-895.
- Emam, S. M. (2019). Effectiveness of sowing dates and N rates on productivity of two flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. *Egyptian Journal of Agronomy*, 41 (3), 261-274.
- Ferrando, J. P. (2007). El cultivo de lino. *Agromercado*, 266, 4-7
- Flax Council of Canada. (2021). *Growing flax. Production, Management y Diagnostic Guide*. Recuperado de: <https://flaxcouncil.ca/growing-flax>
- Flénet, F., Guérif, M., Boiffin, J., Dorvillez, D. y Champolivier L. (2006). The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *European Journal of Agronomy*, 24, 367-373.

- Flores, C. C., Sánchez Vallduví, G. E. y Dorado, I. (1998). Modificaciones en la producción de materia seca en lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) por efecto de la fertilización nitrogenada. *III Reunión Nacional de oleaginosos*, Bahía Blanca, Argentina, 221-222
- Gallardo, C. S., Valenzuela, O. R., Grandi, H. J. y Mistrorigo, D. M. (1991). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia grasa en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). *Primera Reunión Nacional de Oleaginosas*, Pergamino, Argentina, 170-175.
- Gallardo, M. A., Milisich, H. J., Drago, S. R. y González, R. J. (2014). Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Agronomy*, 2014, 1-7.
- Golik, S. I., Chidichimo, H. O., Pérez, D. y Pane, L. (2003). Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 619-629.
- Grant, C. A. y Bailey, L. D. (1997). Effects of phosphorus and zinc fertilizer management on cadmium accumulation in flaxseed. *Journal of Science Food Agriculture*, 73, 307-314.
- Green, A. G. (1986). Effect of Temperature during Seed Maturation on the Oil Composition of Low-Linolenic Genotypes of Flax. *Crop Science*, 26 (5), 961-965.
- Gubbels, G. H. y Kenaschuk, E. O. (1989). Effect of seeding rate on plant and seed characteristics of new flax cultivars. *Canadian Journals of Plant Science*, 69, 791-795.
- Gubbels, G. H., Bonner, D. M. y Kenaschuk, E. O. (1993). Indicators for optimum stage for swath-ing oilseed flax. *Canadian Journal of Plant Science*, 74: 323-325.
- Haley, S. (2007). Pasma Disease on Flax. Recuperado de: https://www.ag.ndsu.edu/ag-nic/flax/doc_images/Scott%20Haley%20Pasma%20Disease%20on%20Flax.pdf
- Hoes, J. (1993). Diseases of Flax (*Linum usitatissimum* L. and other *Linum* spp.). The American Phytopathological Society (APS). Recuperado de: <https://www.apsnet.org/edcenter/resources/commonnames/Pages/Flax.aspx>
- Hoking, P. J. y Pikerton, A. (1991). Response of growth and yield components of linseed to the relief of nitrogen stress at several stages of crop development. *Field Crops Research*, 27, 83-102.
- Islam, T. (2018). *Fungicide Management of Pasma of Flax and Sensitivity of Septoria linicola* (Tesis Posdoctoral). Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/226123327.pdf>
- Kanatas, P. (2020). Mini-Review: The role of crop rotation, intercropping, sowing dates and increased crop density towards a sustainable crop and weed management in arable crops. *Journal of Agricultural Science*, 1 (XXXI), 22-27.
- Kurtenbach, M. E., Johnson, E. N., Gulden, R. H., Duguid, D., Dyck, M. F. y Willenborg, C. J. (2019). Integrating cultural practices with herbicides augments weed management in flax. *Crop Economics, Production and Management*, 111 (4), 1904-1912.
- Lutman, P. J. W. (1991). Weed control in linseed: a review. *Aspects of Applied Biology*, 28, 137-144.
- Martino, D. L. (1985). Relaciones de competencia entre cultivos y pasturas en siembras asociadas. *Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Investigaciones Agronómicas*, 6 (1), 72-81.

- Meléndez, J. M., Grenóvero, M. S., Grancelli, R. y Cappellacci, H. (1991). Cosecha de lino: determinación de pérdidas. Cuaderno de actualización Técnica 1 (PROPECO). EEA Paraná, 1-14.
- Milisich, H.J., Formento, A. N., Ríos de Saluso, M., Faya de Falcón, L., Melendez, J. y Grinovero, S. (1991). *Consejos Prácticos para el cultivo de lino*. Paraná, INTA EEA Paraná.
- Mónaco, C. (2014). Principios de manejo ecológico en enfermedades de cultivos. En: S. J. Sarandón y Flores. C. C. (Coordinadores), *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*, (pp. 314-341). La Plata. EDULP. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Nicholls, C. I. (2013). Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. Nicholls, C. I., Ríos Osorio, L. A. y Altieri, M. A. (Editores). *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. (pp. 18-29). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Medellín, Colombia.
- Pereira dos Santos, H. P., Barreneche Lhamby, J. C y Wobeto, C. (1998). Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33 (3), 289-295.
- Quintero, C. E. (1998). Lino. *Fertilizar* 10, 1-7.
- Raimbault, J. (2002). *Lin graine de printemps*. París, CETIOM.
- Rashid, R. (2015). Pasmó Disease Management in Flax. Agriculture and Agri-Food Canada. Recuperado de: https://flaxcouncil.ca/tips_article/pasmo/
- Ríos de Saluso, M. L. A. (1990). Guía práctica para el reconocimiento de orugas en lino. Paraná, INTA EEA Paraná.
- Ríos de Saluso, M. L. A. (1993). Insectos perjudiciales en el cultivo del lino. Informe técnico N° 14, INTA Paraná, 1-4.
- Ríos de Saluso, M. L. A. y Formento, N. (1995). Daños causados por la “Chinche verde común” (*Nezara viridula*) a semillas de lino. *Carpeta de información técnica* N° 20, INTA Paraná, 1-3.
- SAGyP. (Secretaría de agricultura, ganadería, pesca y alimentos). (2021). Norma de calidad para la comercialización de lino. SAGyP., Recuperado de: <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-1075-1994-sagpya-secretaria-de-agricultura-ganaderia-pesca-y-alimentos#anexoXI>
- Saluso, A. (2007). Aportes al manejo integrado de plagas en el centro-oeste de Entre Ríos. En Caviglia, O., Papparotti, O. y Sasal M. C. (Editores). *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. (pp. 181-190). Buenos Aires, Ediciones INTA.
- Sánchez Vallduví, G. E. (2012). *Manejo de malezas en lino. Evaluación de la competencia cultivo-maleza con un enfoque agroecológico* (Tesis doctoral). Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26043>.
- Sánchez Vallduví, G. E. y Flores, C. C. (1999). Fertilización nitrogenada en el cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). Efecto sobre el rendimiento y sus componentes. *Investigación Agraria*, 14 (3), 475-482.

- Sánchez Vallduví, G. E. y Sarandón, S. J. (2011). Effects of changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) density and interseeding with red clover (*Trifolium pratense* L.) on the competitive ability of flax against Brassica weed. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35 (8), 914-926.
- Sánchez Vallduví, G. E. y Sarandón, S. J. (2013). Análisis de la sustentabilidad de alternativas de manejo de malezas en el cultivo de lino oleaginoso en argentina. *IV Congreso Latinoamericano de Agroecología*, Lima, Perú, 41.
- Sánchez Vallduví, G. E. y Sarandón, S. J. (2014). Principios de manejo agroecológico de malezas. En: Sarandón, S. J. y Flores, C. C (Editores). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. (pp, 286-313). Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Sánchez Vallduví, G. E., Flores, C. C. y Golik, S. I. (1998). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). *XVI Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*, Córdoba, Argentina, 85-86.
- Sánchez Vallduví, G. E., Flores, C. C. y Pollini, L. M. (2000). Materia seca y N acumulado en lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L) con distintos niveles de fertilización nitrogenada. *XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (III)*, pp 60.
- Sánchez Vallduví, G. E., Flores, C. C., Barreyro, R. A., Manghi, M. V. y Sarandón S. J. (2002). Competence of natural weed community at different moments of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop development. *Crops Research*, 23 (2), 269-276.
- Sánchez Vallduví, G. E., Manghi, M. V. y Barreyro, R. A. (1997). Efecto de la presencia de malezas en distintos períodos del cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). *Agro-Ciencia*, 13 (3), 257-263.
- Sánchez Vallduví, G. E., Schalamuk, S. y Sarandón, S. J. (2007). Effects of different sowing patterns of oil linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop on *Brassica* sp. as a strategy for sustainable weed management. *Biological Agriculture and Horticulture*, 25, 123-131.
- Sánchez Vallduví, G. E., Tamagno, L. N. y Colman, V. P. (2011). Manejo agroecológico de malezas en lino. Capacidad supresiva del intercultivo lino-leguminosas. *Cadernos de Agroecología*, 6 (2) 10810, 1-5.
- Sánchez Vallduví, G. E., Tamagno, L. N. y Signorio, R. D. Intercultivo lino-trébol rojo y uso de dosis reducida de herbicida. Alternativas de manejo del cultivo en sistemas extensivo. (2017). *Revista Científica Agropecuaria (RCA)* de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), 21 (1-2), 7-17.
- Sánchez Vallduví, G. E., Tamango L. N. y Colman V. (2015). Lino consociado con leguminosas. Una estrategia para un manejo agroecológico de malezas. *I Congreso Argentino de Malezas (ASACIM)*, Buenos Aires, Argentina, pp. 243.
- Sánchez Vallduví, G. E., Tamango, L. N., Chamorro, A. M. y Signorio, R. D. (2010). Ensayo comparativo de rendimiento de cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) en La Plata. *Informe red de ensayos comparativos de lino del INTA, Paraná*, 1-2

- SIBER (Sistema de Información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos). (2012). Informe semanal, 520. 1-17. Recuperado de https://www.bolsacer.org.ar/Funciones/impresion/impresion_pdf.php?dato=491
- SIBER (Sistema de Información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos). (2014). Informe semanal, 629. 1-8. Recuperado de <https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=684>
- SIBER (Sistema de Información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos). (2015). Informe semanal, 677. 1-9. Recuperado de https://www.bolsacer.org.ar/Funciones/impresion/impresion_pdf.php?dato=767
- Siddique, A. B., Wright, D. y Mahbub Ali, S. M. (2002). Effects of time sowing on the quality of flax seed. *Journal of Biological Sciences*, 2 (8), 538-541.
- Singh, J., Singh, P. K. y Srivastava, R. L. (2017). Diseases of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in India and their management. A Review. *Journal of Oilseeds Research*, 34 (1), 1-51.
- Stevenson, F. C. y Wright, A.T. (1996). Seeding rate and row spacing affect flax yields and weed interference. *Canadian Journal of Plant Science*, 76, 537-544.
- Tamagno L. N., Sánchez Vallduví, G. E. y Colman, V. (2011). Intercultivo de lino oleaginoso con leguminosas: Un aporte a la sustentabilidad en agroecosistemas extensivos. *Cadernos de Agroecología*, 6 (2) 10814, 1-5.
- Tamagno L. N., Sánchez Vallduví, G. E. y Colman, V. (2013). Consociación de lino oleaginoso con diferentes leguminosas forrajeras. Rol en la sustentabilidad de los sistemas productivos extensivos de Argentina. *Cadernos de Agroecología*, 8 (2), 13792, 1-5.
- Terres Inovia. (2020). *Guía de cultura. Lin oleagineux*. Recuperado de: www.terresinovia.fr.
- Thingstrup, I., Rubæk, G., Sibbesen E. y Jakobsen, I. (1998). Flax (*Linum usitatissimum* L.) depends on arbuscular mycorrhizal fungi for growth and P uptake at intermediate but not high soil P levels in the field. *Plant and Soil*, 203, 37-46.
- Valenzuela, O., Gallardo, C. y Kahan, N. (1993). Calibración del fósforo extractable para el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.) en suelos de la provincia de Entre Ríos. *XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, 113-114.
- Vashishtha, R. P. (1993). Influence of nitrogen and phosphorus application on yield and oil content of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Indian Journal of Agronomie*, 38 (1), 64-67.
- Zhang, Q, Gao, Y, Yan, B, Cui, Z, Wu, B y Yang, K. (2020). Perspective on oil flax yield and dry biomass with reduced nitrogen supply. *Oil Crop Science*, 5, 42-46.
- Zingaretti, O., Mirassón, H. R., Del Greco, D. C. y Colagelo, R. O. (1991). Fertilización nitrogenada en lino oleaginoso en Santa Rosa, La Pampa. *Primera Reunión de Oleaginosas*, 213-217.

CAPÍTULO 5

Morfología y ecofisiología del cultivo de colza

Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus

Ubicación sistemática y origen de la colza

Las especies cuyas semillas se comercializan con el nombre de colza son *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L. y *Brassica juncea* L. y pertenecen a la familia de las crucíferas (*Brassicaceae*). Tanto para *B. napus* como para *B. campestris* se cultiva como oleaginosa la subespecie *oleifera*. En ambos casos presentan dos formas botánicas, *annua* y *biennis*, las cuales se diferencian por los requerimientos de vernalización, que son altos en la forma *biennis* y son reducidos o no existen en la forma *annua* (Giayetto, 1995).

Para *B. campestris* (= *B. rapa*) se consideran tres centros de origen: Asia, Región Mediterránea y Europa Occidental. *B. napus*, que es un anfidiplóide ($n=19$) resultado del cruzamiento entre *B. campestris* ($n=10$) y *B. oleracea* ($n=9$), probablemente se originó, en zonas donde existían esas dos especies (Pascale, 1976). *Brassica campestris* y *Brassica napus* son ampliamente cultivadas en Europa, Canadá y Australia. *Brassica juncea* ($n=18$) es más cultivada en Asia y es un anfidiplóide originada por el cruzamiento de *B. campestris* y *B. nigra* ($n=8$) (Giayetto, 1995).

Descripción morfológica

La colza es una planta anual, herbácea. El tallo es erecto y glabro, su altura varía entre 1 y 1,70 m y presenta ramificaciones en número variable según el cultivar, la densidad de siembra y las condiciones de crecimiento. Posee una raíz pivotante bien desarrollada que, en ausencia de restricciones explora bien el perfil del suelo y le otorga un buen comportamiento ante las sequías. Puede alcanzar profundidades de 1,10 m, si bien la mayor parte del peso seco está concentrado en los 0,40 m superiores del suelo.

Las hojas se disponen en forma alterna sobre el tallo, son glabras y de color verde más o menos azulado. Su forma varía según su posición sobre el tallo y el momento de aparición. Las basales son lobuladas, de 10 a 30 cm de largo por 5 a 10 cm de ancho, y son pecioladas. Las del estrato medio son más pequeñas y poseen un pecíolo corto. Las hojas superiores son de menor tamaño, no poseen pecíolo ni lóbulos y su forma permite diferenciar las especies. En *B.*

campestris la parte basal de la lámina rodea completamente el tallo, en *B. juncea* la misma no llega hasta el tallo y en *B. napus* es intermedia (Pascale, 1976) (Figura 5.1).

Las flores son hermafroditas, con 4 sépalos amarillos escamosos, 4 pétalos amarillos dispuestos en cruz, ovario súpero bicarpelar, androceo formado por 6 estambres 4 largos y 2 cortos. Se encuentran reunidas en racimos y su maduración es ascendente dentro de la inflorescencia, comienza por el tallo principal y continúa por las ramificaciones. En *B. campestris* los pimpollos quedan en la inflorescencia por debajo de las flores abiertas, mientras que en *B. napus*, en general, están por encima de ellas (Pascale, 1976) (Figura 5.1). Se trata de una especie semiautógama y la polinización es realizada por el viento (anemófila) y los insectos (entomófila).



Figura 5.1: Detalle de la inserción de las hojas superiores y la disposición de los pimpollos en las inflorescencias de *Brassica napus* (izquierda) y *Brassica campestris* (derecha)

El fruto es una silicua verde claro, formada por dos carpelos separados por un falso tabique llamado replum. Mide 6-8 cm de largo y 4-5 mm de ancho. En madurez, los carpelos se separan fácilmente del tabique central determinando la dehiscencia del fruto. Cada fruto contiene 15 a 18 semillas, número variable con el cultivar, factores ambientales y tecnológicos (Figura 5.2).

Las semillas son castaño rojizas o negruzcas, casi esféricas, de 2 a 2,5 mm de diámetro. El peso de las 1000 semillas es variable entre 2 y 5,5 gramos. La semilla contiene muy poco endosperma y el embrión consta de dos cotiledones que contienen alrededor del 80% del aceite de la semilla.



Figura 5.2: Frutos y semillas de colza

Crecimiento y desarrollo del cultivo

Para manejar eficientemente el cultivo es necesario conocer cómo crece y se desarrolla, así como los factores que lo afectan. El crecimiento y desarrollo de la colza se divide en etapas con diferentes comportamientos en las que ocurren distintos procesos y tienen distintos requerimientos. Estas etapas pueden ser fácilmente identificables utilizando claves fenológicas diseñadas por distintos autores. Para la colza, la clave más utilizada en nuestro país es la desarrollada por el CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oleagineux Metropolitains, 1978) (Tabla 5.1).

Tabla 5.1: Clave fenológica desarrollada por el CETIOM

Estado	Descripción
Nacimiento	Las plántulas marcan la línea
Plántula	A. Estado cotiledonal. No hay hojas “verdaderas”. Sólo dos cotiledones visibles
Roseta	B1. Una hoja verdadera desplegada B2. Dos hojas verdaderas desplegadas B3. Tres hojas verdaderas desplegadas Bn. n hojas verdaderas desplegadas C1. Aumento de vegetación. Aparición de hojas jóvenes
Elongación	C2. Entrenudos visibles. Se ve un estrangulamiento verde claro en la base de los nuevos pecíolos: es el tallo D1. Yemas unidas, todavía escondidas por las hojas terminales D2. Inflorescencia principal despejada. Yemas unidas. Inflorescencias secundarias visibles E. Yemas separadas. Los pedicelos florales se alargan comenzando por los de la periferia
Floración-Maduración	F1. Primeras flores abiertas F2. Alargamiento de la vara floral. Numerosas flores abiertas G1. Caída de los primeros pétalos. Las 10 primeras silicuas tienen un largo inferior a 2 cm G2. Las 10 primeras silicuas tienen un largo comprendido entre 2 y 4 cm G3. Las 10 primeras silicuas tienen un largo superior a 4 cm G4. Las 10 primeras silicuas comienzan a madurar G5. Granos coloreados

La figura 5.3 muestra la acumulación de materia seca por un cultivo de colza a lo largo de su ciclo y su partición en los diferentes órganos presentes en los sucesivos estados fenológicos. A continuación, se describen las etapas de crecimiento indicando la correspondencia con la clave mencionada.

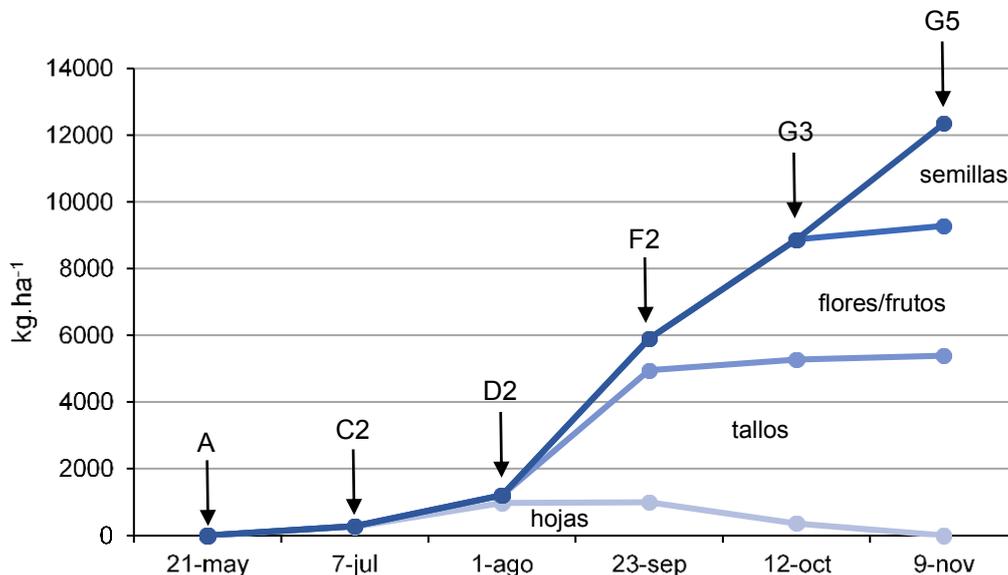


Figura 5.3: Acumulación de materia seca por el cultivar de colza Impulse (La Plata, 2004)

Implantación (siembra – B1)

Una vez depositada la semilla en el suelo, se inicia el proceso de germinación, que implica la absorción de agua, ruptura de la testa y la aparición de la radícula. Luego, la raíz crece desarrollando los pelos absorbentes, asegurando el anclaje. El hipocótilo comienza el crecimiento empujando los cotiledones a través del suelo hasta alcanzar la emergencia.

En condiciones favorables, a los 7-10 días de la siembra, la plántula desarrolla un pequeño tallito de 1 a 2,5 cm. Los cotiledones, de forma acorazonada, se expanden, se vuelven verdes y comienzan a fotosintetizar (Figura 5.4). La raíz también continúa su desarrollo. El meristema apical se encuentra sobre el suelo, entre los dos cotiledones, por lo cual es susceptible a heladas, al encostramiento del suelo, a los insectos, granizo o cualquier adversidad que afecte la plántula por debajo de los cotiledones (Canola Council of Canola, 2021).

A nivel de cultivo, la duración de este período puede variar considerablemente en función de la temperatura y la humedad.

Roseta (B2 – C1)

Durante esta fase, la yema terminal forma rítmicamente los primordios foliares y sus esbozos de entrenudos. La planta establece rápidamente una roseta con las hojas más maduras en la base, que aumentan de tamaño, y las más jóvenes y pequeñas en el centro. El tallo permanece sin elongarse y aumenta su grosor (Figura 5.4).

El sistema radical continúa su desarrollo, con la formación de las raíces secundarias. Un rápido desarrollo de las hojas es importante para lograr una temprana y completa interceptación de la luz. Se estima un valor de 4 para el índice de área foliar crítico, es decir, aquel que permite interceptar un 90% de la radiación incidente (Canola Council of Canola, 2021). Además, un buen desarrollo foliar favorece el crecimiento de la raíz, reduce la evaporación de la humedad del suelo y otorga una mejor competencia por luz frente a las malezas.

Durante esta etapa, la planta se caracteriza por una baja ganancia diaria de materia seca (Figura 5.3). Una vez expandidas las primeras hojas, el cultivo adquiere una alta tolerancia frente a las heladas. También es reconocida su resistencia a la sequía en la etapa de roseta, aunque, en realidad, las plantas presentan una muy rápida recuperación posterior a situaciones de estrés hídrico. Esto es posible gracias a un tipo especial de raíces (“raíces de sequía”) que emiten a medida que disminuye la dotación hídrica del suelo, que les permite un rápido desarrollo radical cuando las condiciones hídricas se restablecen (Leterme, 1988).

Esta etapa presenta enormes variaciones en su duración, especialmente, como respuesta a dos factores: forma botánica y fecha de siembra. Ya se mencionó que tanto *B. napus* ssp *oleifera* como *B. campestris* ssp *oleifera* presentan dos formas botánicas: la forma *biennis* requiere vernalización y es conocida como colza de invierno, la forma *annua* es conocida como colza primaveral. La colza invernal debe sembrarse antes que la primaveral, a inicios del otoño y, usualmente, florece en una fecha posterior. Por otro lado, si la colza se siembra más tarde, una vez entrado el invierno, se producirá un acortamiento general del ciclo del cultivo, pero más acentuado en las etapas de roseta y de elongación del tallo.

Elongación del tallo (C2 – E)

Luego de una etapa de vernalización (de ser requerida), el alargamiento de los días y el aumento de la temperatura determinan el pasaje al estado reproductivo, produciéndose la iniciación floral de la yema terminal y, a continuación, las yemas forman los esbozos florales. En este momento queda definido el número máximo de hojas del tallo principal: las fotosintéticamente activas en ese momento y las denominadas en “stock” a nivel del ápice (Leterme, 1988).

El tallo principal empieza a elongarse y luego se hacen visibles los botones florales en el extremo (Figura 5.4). Las hojas se expanden y los botones florales se van separando mientras el tallo se alarga. De las axilas de las hojas superiores, aparecen ramificaciones secundarias que desarrollan 1 a 4 hojas y un racimo floral cerrado. Justo antes de la floración, el tallo principal alcanza 30 a 60% de su longitud máxima y la planta llega a acumular entre el 30 y el 60% de la producción de la materia seca total, siempre dependiendo de las condiciones de crecimiento (Canola Council of Canada, 2021).

El área foliar máxima se alcanza generalmente cerca del inicio de la floración y comienza a declinar con la pérdida de las hojas inferiores. Las hojas, especialmente las superiores, en esta etapa son la principal fuente de fotosintatos para el crecimiento de tallos e inflorescencias (Canola Council of Canada, 2021).

Alcanzar rápidamente una gran área foliar y mantenerla más allá del comienzo de la floración, condiciona fuertemente el número de frutos y el crecimiento temprano de la semilla sobre el tallo principal y las primeras ramificaciones secundarias (Leterme, 1988).

En esta etapa se produce también un importante crecimiento del sistema radical que se mantiene o aumenta durante la etapa siguiente (Chamorro y Tamagno, 2004).

La duración de esta etapa es altamente influenciada por la época de siembra y también tiene un fuerte componente genético puesto que registra importantes diferencias entre cultivares (Chamorro et al., 2006; 2009).

Floración – fructificación (F1 – G4)

La colza se caracteriza por poseer un crecimiento de tipo indeterminado por lo cual las etapas reproductivas presentan una gran superposición de los procesos de crecimiento de tallos y ramificaciones, expansión de nuevas hojas, senescencia de las hojas basales, producción de flores, conversión de éstas en frutos, crecimiento de los mismos y llenado de las semillas. Por este motivo, no es posible hacer una separación neta en etapas una vez iniciada la floración, como lo es en otros cultivos.

La floración comienza con la apertura del primordio más bajo en la inflorescencia principal y continúa hacia arriba con 3 a 5 o más flores que abren por día. La floración en la base de la primera ramificación secundaria comienza 2 o 3 días después que en la principal (Canola Council of Canada, 2021).

De esta manera, las primeras flores en abrirse se convierten en las silicuas más bajas de las inflorescencias, en el medio están las flores abiertas y en el extremo, los primordios (Canola Council of Canada, 2021).

Normalmente, la planta produce más primordios florales que los que pueden desarrollar como fruto, por lo tanto, las flores abren, pero los frutos jóvenes abortan y caen eventualmente de la planta. Este fenómeno es particularmente importante en la colza: se estima que sólo entre un 40 y un 55% de las flores producidas desarrollan frutos que llegan a ser cosechados (Canola Council of Canada, 2021). Las últimas flores en abrir son las que tienen mayor tasa de aborto. Si en la floración temprana, las condiciones de crecimiento son desfavorables, o se producen daños que causan el aborto de flores o silicuas, la planta puede recuperarse rápidamente por el desarrollo de primordios que hubieran abortado en condiciones normales (Leterme, 1988; Mistrorigo et al., 2014). Si se dañan las ramificaciones superiores, la planta puede desarrollar nuevas ramificaciones en las axilas de hojas más bajas (Leterme, 1988).

Al inicio de la floración, las hojas son la principal fuente de fotosintatos para el crecimiento de la planta. A medida que avanza la floración, cuando las silicuas más bajas han comenzado el alargamiento, debido a la senescencia de las hojas el área foliar va decayendo y el tallo se convierte en la fuente principal de fotoasimilados (Leterme, 1988).

El número de granos de la silicua se determina muy temprano, algunos días después de la fecundación, y depende del flujo de asimilados carbonados hacia la silicua (Leterme, 1988).

Cuando caen los pétalos de la última flor del tallo principal, el proceso predominante en la planta es el llenado de las semillas. En este estado, el tallo y las paredes de las silicuas son las principales fuentes de fotosimilados para el crecimiento, dado que el área de los frutos aumenta notablemente y el área foliar se ha reducido drásticamente (Canola Council of Canada, 2021) (Figura 5.4). En esta etapa se producen los procesos de síntesis de aceite y de proteínas.

Cerca de 35 a 45 días después de la apertura de la flor, se completó el llenado de la semilla. La semilla verde y firme tiene reservas adecuadas de aceite y proteína para la germinación y el crecimiento de la plántula (Canola Council of Canada, 2021).

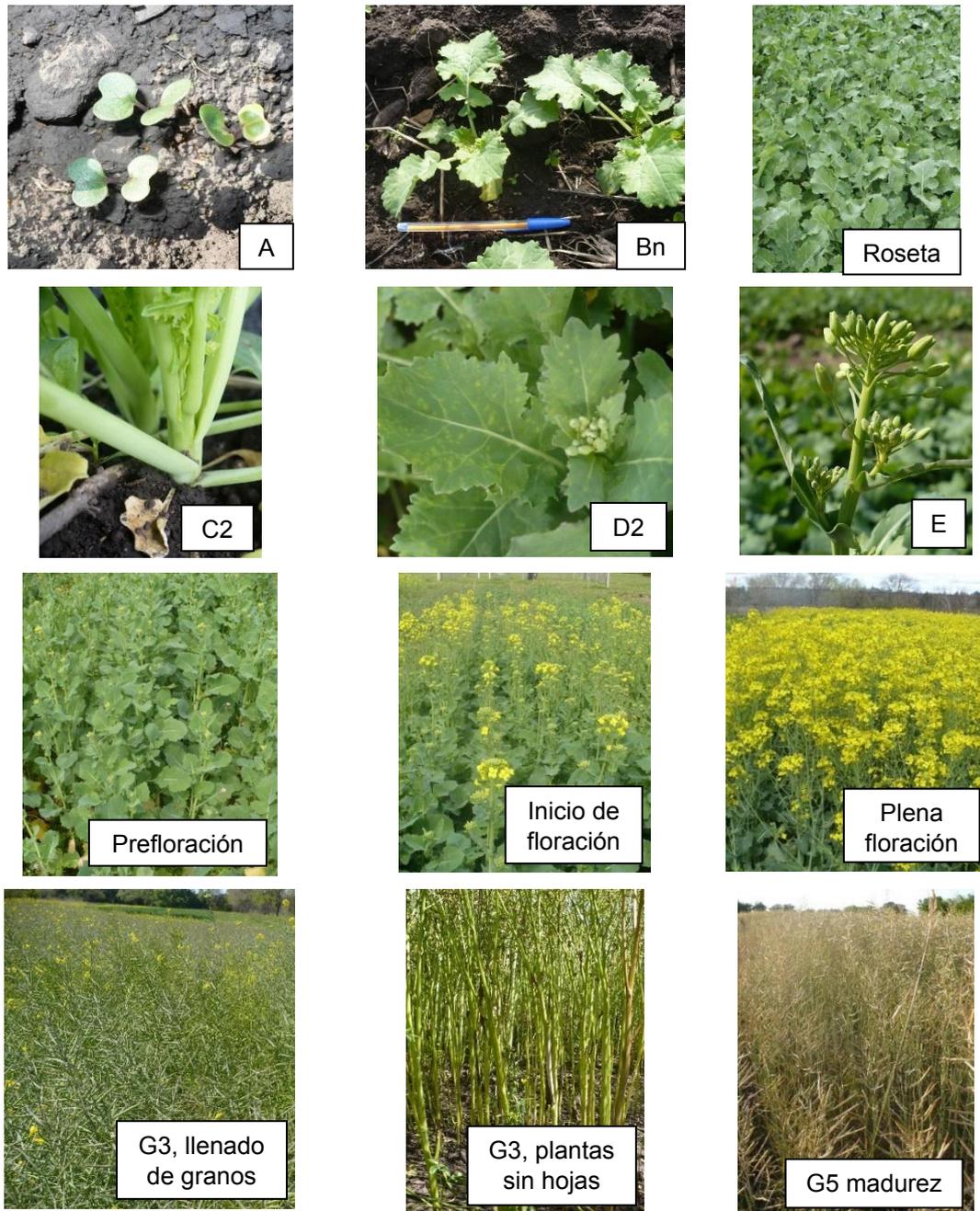


Figura 5.4: Imágenes de distintos estados fenológicos de la colza.

En resumen, el número de flores formadas, el número de flores que se transforman en fruto, el número de semillas por fruto y el peso individual de las semillas dependen estrechamente de la nutrición carbonada, la cual es aportada inicialmente por la fotosíntesis de las hojas, más tarde de los tallos y finalmente, de las silicuas (Leterme, 1988).

Maduración (G4 – G5)

El llenado de la semilla es seguido por el proceso de maduración caracterizado por los cambios del color de la planta. Cuando la floración finalizó, la mayoría de las hojas han amarilleado y caído de la planta, los tallos y frutos se tornan de color pajizo y se vuelven quebradizos mientras se desecan (Canola Council of Canada, 2021) (Figura 5.4).

En madurez fisiológica la semilla contiene cerca de 40% de humedad. La cubierta seminal pasa de verde a marrón rojizo. La humedad se pierde rápidamente a razón de 2 a 3% o más por día, dependiendo de las condiciones ambientales. Cuarenta a sesenta días después de la primera flor, las semillas de las silicuas más bajas habrán madurado y cambiado totalmente de color verde a negro. Cuando el 30 a 40% de las semillas en una planta tienen color de madurez, las semillas de los últimos frutos formados están al final de la etapa de llenado y el promedio de la humedad será alrededor de 30-35%. Finalmente, cuando todas las semillas han cambiado de color, la planta muere (Canola Council of Canada, 2021).

Determinación del rendimiento en colza

Como en otros cultivos, el rendimiento de la colza puede ser expresado a través de sus componentes numéricos: número de plantas por unidad de superficie, número de silicuas por planta, número de semillas por silicua, peso individual de las semillas y, por tratarse de una oleaginosa, el porcentaje de aceite de las mismas. A nivel de cultivo, debido a la densidad de siembra relativamente alta y a la gran plasticidad morfológica que presentan las plantas, que les otorga una alta capacidad de compensación, suelen agruparse los primeros componentes y se reducen a tres componentes principales: número de semillas por unidad de superficie, peso individual de las mismas y porcentaje de aceite. Las variaciones en el rendimiento en semilla son mejor explicadas por cambios en el número de semillas que en su peso individual (Apella, 2012).

Estos componentes se van generando sucesiva y también simultáneamente durante el ciclo del cultivo. El primero, **densidad de plantas**, tiene comparativamente con el resto, un período de determinación más corto y definido que abarca desde la siembra, incluida la implantación del cultivo, hasta los primeros estados vegetativos (Figura 5.5). Evidentemente, las cuestiones relacionadas con las condiciones de siembra y los riesgos de heladas o incidencia de plagas o enfermedades serán los que permitan o no el logro de un buen stand de plantas.

El número potencial de **silicuas por planta** empieza a definirse una vez que se produjo el cambio del ápice y la planta comienza a diferenciar primordios florales, pero el período de

determinación es más acotado abarcando desde el inicio de floración (F1) hasta el inicio de crecimiento de silicuas (Figura 5.5). Como ya fue mencionado, la definición de este componente depende de la disponibilidad de fotoasimilados durante la floración del cultivo. Este es, además, el componente que registra más variación frente a los diversos factores que afectan el crecimiento y rendimiento del cultivo y es el que otorga a la colza la altísima capacidad de compensación frente a modificaciones en el stand de plantas logrado. La **cantidad de semillas en cada silicua** se fija casi inmediatamente después de la fecundación de la flor, por lo que su determinación es prácticamente simultánea con el número de silicuas por planta (Figura 5.5). Sin embargo, la ocurrencia de un estrés previo a la floración que determine un bajo número de silicuas por planta puede no resultar en disminuciones importantes del rendimiento debido a una compensación a través de un mayor número de semillas por silicua, siempre que las condiciones ambientales lo permitan (Apella, 2012). El período de llenado de las semillas se inicia cuando caen los pétalos de las últimas flores del tallo principal y su **peso individual** queda establecido alrededor de los 40 días después del inicio de floración (Figura 5.5). La síntesis de ácidos grasos y acumulación de **aceite** en las semillas se incrementa a partir del llenado efectivo de los granos para alcanzar su punto máximo alrededor de la madurez fisiológica (Figura 5.5). Si bien existe un efecto genético en la determinación de esta variable, también es afectada por las temperaturas durante las cuales transcurre la etapa ya que regulan la duración de la misma.

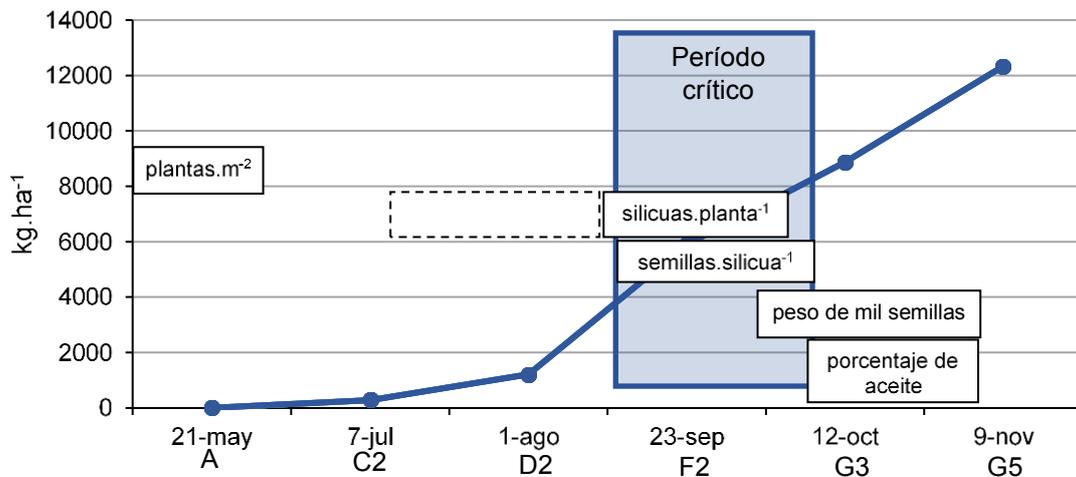


Figura 5.5: Período de determinación de los componentes del rendimiento y período crítico para la definición del rendimiento en colza

Si bien estos componentes se van generando durante el desarrollo fenológico del cultivo es posible identificar un **período crítico** para la definición del rendimiento en el cual una disminución en la disponibilidad de los recursos o un estrés cause una importante reducción del rendimiento final. En el caso de la colza, generalmente se acepta que este período crítico para producción de semillas es la floración.

Distintos autores han intentado precisar mejor este período a los fines de utilizar esa información, tanto sea para diseñar estrategias de manejo del cultivo como para propósitos de

mejoramiento genético. Así, varios autores propusieron que se ubica aproximadamente en los 350°Cd siguientes al inicio de la floración, equivalente a unos 20-30 días (Mendham et al., 1981; Habekotté, 1997; Morrison y Stewart, 2002). En este período se define el nivel de aborto de flores y el número potencial de semillas por unidad de superficie, principal componente del rendimiento. Sin embargo, Apella (2012) indica que el período crítico se ubica un poco más avanzado el ciclo, entre plena floración y el final de la etapa de llenado de los granos. Según este autor, los primeros días luego del inicio de la floración no serían críticos debido a las características de la floración de la colza en cuanto a nivel de aborto y duración. Dichas particularidades le otorgan una alta capacidad de compensación frente estreses ambientales durante la misma, característica que se va reduciendo a medida que la floración avanza. En la misma línea, más recientemente, Kirkegaard et al. (2018) identificaron como crítico en la colza un período de 400°Cd que comienza a los 100°Cd del inicio de floración y se centra en los 300°Cd desde F1. En este período se concentraría la mayor cantidad de botones florales y flores recién abiertas que son los estados más sensibles a las deficiencias de fotoasimilados. Kirkegaard et al. (2018) señalan que la restricción de fotoasimilados en este período no sólo reduce el número de frutos logrados sino también la capacidad de sobrevivencia de los que se formen y una menor capacidad de compensarlos a través de un mayor número de semillas por silicua y del peso individual de las semillas.

Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de colza

Requerimientos térmicos y fotoperiódicos

Los factores ambientales que regulan el crecimiento y desarrollo del cultivo son la temperatura y el fotoperíodo. La colza se adapta a climas templados y templado-fríos.

La germinación es óptima con temperaturas de entre 15,5 y 28°C, y se ve casi impedida con temperaturas del suelo por debajo de 9,5°C. Por este motivo, no son recomendables siembras con temperaturas del suelo por debajo de los 11°C debido al alto riesgo de pérdida de plantas.

Durante las primeras etapas de crecimiento, desde el estado cotiledonal hasta el desarrollo del primer par de hojas, que puede durar entre 25 y 40 días, la colza es muy sensible a las heladas (Iriarte et al., 2008) por lo que cobra relevancia la elección de la fecha de siembra. Una vez desarrollada la roseta, la colza adquiere resistencia a las heladas. Durante esta etapa, los materiales invernales tienen requerimientos de vernalización u horas de frío como una condición para el pasaje al estado reproductivo y la floración. Las temperaturas vernalizantes se sitúan entre 4 y 8°C. Los materiales primaverales no requieren vernalización o sus exigencias son muy reducidas, pero entre los materiales invernales existen genotipos con altos y bajos requerimientos de vernalización. Si esos requerimientos no se cumplen el cultivo puede retrasar demasiado la floración o, incluso, no llegar a producirse en la totalidad de las plantas. De acuerdo con esto, hay zonas de nuestro país en la que no es posible utilizar colzas de tipo invernal por no poder

cubrirse tales requerimientos. De la misma manera, cobra especial importancia la fecha de siembra, aún en zonas con inviernos fríos, a fin de cubrir estas exigencias.

Una vez producida la diferenciación floral en las plantas (C2), durante el crecimiento activo propio de la elongación les son favorables temperaturas frescas, algo superiores a 20°C. En la floración, las temperaturas óptimas se encuentran alrededor de los 20°C, con un rango de 12 a 30°C (Iriarte et al., 2008). Las heladas pueden provocar el derrame de las flores disminuyendo el rendimiento. Sin embargo, si no son muy intensas, sólo afectan las flores abiertas, sin producir daño a las silicuas inferiores ni a los botones florales cerrados, los cuales continúan normalmente su desarrollo. Además, la pérdida de las flores abortadas podría ser compensada por una mayor eficiencia reproductiva de las flores más tardías, minimizando el efecto de las heladas sobre el rendimiento (Coll, 2013).

Por otro lado, temperaturas altas (mayores a 30°C) tampoco son favorables ya que acortan la floración, el tiempo en que las flores están receptivas y el período de producción de polen (Canola Council of Canada, 2021).

Durante el llenado de las semillas, la etapa debería transcurrir con temperaturas de entre 10 y 15°C a fin de lograr un óptimo contenido y calidad de aceite, condición que no se registra en nuestra zona de producción. Temperaturas elevadas aceleran la tasa de llenado de las semillas, pero acortan la duración de la etapa condicionando la obtención de semillas de menor tamaño y con menor contenido de aceite (Si y Walton, 2004; Ghobadi et al., 2006).

El efecto de la temperatura sobre el desarrollo se analiza a través del tiempo térmico. Para su cálculo, una definición necesaria es la determinación de la temperatura base a utilizar. Es cierto que la temperatura base puede variar entre materiales genéticos y también a lo largo del ciclo del cultivo (Pascale et al., 1994), sin embargo, para facilitar los cálculos y las comparaciones, en la colza primaveral, de acuerdo con Morrison et al. (1989) suele tomarse como temperatura base los 5°C. Con esta base, en nuestro país, han sido calculados los tiempos térmicos necesarios para distintas etapas, pero los más relevantes son los requeridos para la etapa emergencia – floración (A-F1) y emergencia – madurez (A-G5). Para híbridos y variedades primaverales, los requerimientos hasta floración varían entre 400 y 540°Cd, mientras que para materiales primaverales tardíos (Mistral) e invernales, se ubicaron entre 540 y 640°Cd (Chamorro et al., 2006; Chamorro y Bezus, 2010; Apella, 2012). Para el cumplimiento total del ciclo, fueron necesarios entre 980 y 1250°C para el primer grupo y entre 1200 y 1440°C para el segundo (Chamorro et al., 2006; Chamorro y Bezus, 2010; Apella, 2012).

Con respecto al comportamiento fotoperiódico, la colza es considerada una planta cuantitativa de día largo, es decir, el período a floración se acorta a medida que se alargan los días. El umbral fotoperiódico se estima entre las 13 y 14 h. La respuesta de la colza al fotoperíodo se registra durante la etapa vegetativa (roseta) como estímulo para la diferenciación del ápice, pero también se ha mencionado sensibilidad al fotoperíodo durante la etapa reproductiva (elongación) (Iriarte et al., 2008).

Requerimientos hídricos

El agua es un factor importante para el crecimiento y el logro de rendimientos adecuados del cultivo de colza. El consumo por el cultivo es de alrededor de 350-450 mm, variando en función de factores como la fertilidad del suelo, el potencial de rendimiento del cultivar y la disponibilidad hídrica (Canola Council of Canada, 2021).

Con relación a la eficiencia de uso del agua, se han citado, en otros países, valores de entre 6 y 8,5 kg de semilla.ha⁻¹.mm⁻¹ (Faraji et al., 2008; Rutkowska, 2019). En la Argentina, los datos reportados son algo más bajos y varían entre 4,6 y 6,77 kg de semilla.ha⁻¹.mm⁻¹ en Tres Arroyos (Chamorro y Sarandón, 2013), 3,3 y 6,7 kg de semilla.ha⁻¹.mm⁻¹ en La Plata (Chamorro et al., 2014) y 4,8 kg de semilla.ha⁻¹.mm⁻¹ en La Pampa (Gaggioli et al., 2013).

La colza sólo tolera anegamiento o encharcamiento por períodos muy breves, siendo mayor la sensibilidad durante el período de roseta (Canola Council of Canada, 2021).

Los requerimientos hídricos, así como la sensibilidad del cultivo a las deficiencias hídricas, varían a lo largo del ciclo de acuerdo con los diferentes procesos morfofisiológicos que ocurren en cada etapa de su desarrollo.

Un período crítico para el déficit hídrico es la implantación, debido a que una buena disponibilidad de humedad en el suelo a la siembra asegura que se cumplan los procesos de imbibición y germinación, para lo cual la semilla de colza requiere un alto porcentaje de su peso en agua (Iriarte et al., 2008). A pesar de lo anterior, un exceso de agua durante esta etapa que produzca encharcamiento es altamente nocivo pudiendo reducir fuertemente el stand de plantas logrado. De la misma manera, si se implantó en un suelo labrado muy refinado, el registro de fuertes lluvias que puedan producir el encostramiento superficial o “planchado” afecta negativamente la implantación.

A medida que avanza el crecimiento vegetativo, la necesidad de agua aumenta, siendo la etapa de floración el período donde los requerimientos del cultivo son máximos. En esta etapa, una buena disponibilidad de agua alarga el período de floración, favoreciendo el crecimiento de raíces y la producción de biomasa aérea, asegura el logro de una adecuada área foliar y una mayor persistencia de la misma. Todo esto conduce a una producción de mayor número de flores, mayor número de frutos, más semillas por fruto y mayor peso de las semillas (Iriarte et al., 2008). Por el contrario, si se produce estrés hídrico, se acortará el período de floración y disminuirá el rendimiento por resentirse todos o algunos de los procesos enumerados. Esto constituye a la floración como el período crítico para el déficit hídrico (Canola Council of Canada, 2021).

Además, en condiciones de baja humedad relativa asociada con altas temperaturas producen fallas en el polen y, en consecuencia, se reduce la fertilización y la producción de semillas. Por otro lado, lluvias muy fuertes durante la floración producen el “lavado” del polen pudiendo reducir el rendimiento (Canola Council of Canada, 2021).

Posteriormente, la escasez de agua durante el llenado de los granos puede disminuir el contenido de materia grasa de la semilla y la calidad del aceite (Canola Council of Canada, 2021).

Asimismo, es importante destacar que las condiciones de alta humedad ambiental pueden favorecer el desarrollo de ciertas enfermedades, especialmente la causada por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Sobre el final del ciclo disminuye la necesidad de agua del cultivo, condiciones de déficit hídrico pueden, incluso, favorecer la maduración y la cosecha.

Aptitud agroclimática de la Argentina para el cultivo de colza

Murphy y Pascale (1991) analizaron los requerimientos de la colza y con el fin de determinar la aptitud agroclimática de nuestro país para su cultivo definieron distintos índices que garantizaran el cumplimiento de tales requerimientos, ya sea en cultivares primaverales como invernales, determinando las áreas posibles de cultivo para cada grupo.

Estos autores utilizaron dos índices térmicos, uno que representa el límite norte del cultivo y se relaciona con sus necesidades de vernalización y, por lo tanto, difiere para los materiales invernales y los primaverales. En los primeros es la isoterma de 9°C para el mes más frío, y en los segundos, la isoterma de 15°C para el mes más frío. El segundo índice térmico es la isoterma de 15°C para el mes más cálido y marca el límite sur para la producción de colza ya que esta disponibilidad térmica aseguraría la maduración correcta de las semillas.

Se utilizó también el índice hídrico de Thornthwaite de -20 para el mes de floración, el cual determina dos regiones de cultivo en secano (la pampeana y la patagónica) y entre ellas una gran área en la cual sería necesario regar para producir colza.

La aplicación de estos índices determinó dos zonas posibles de cultivo de colza en secano: una zona patagónica, compartida por colzas de primavera o de invierno, y una zona pampeana, más amplia latitudinalmente para las colzas primaverales que para las invernales. En la figura 5.6 se indica la ubicación aproximada de las mismas en el país y los meses aproximados de siembra, floración y cosecha para cada tipo de cultivares en cada zona.

Es necesario aclarar que el cultivo se ha desarrollado solamente en la región pampeana y también más al norte del área considerada apta agroclimáticamente. Además, la introducción de distintos materiales genéticos con posterioridad al trabajo de referencia (Murphy y Pascale, 1991) resultó también en cambios en las fechas de siembra, floración y cosecha con respecto a las previstas en el mismo.

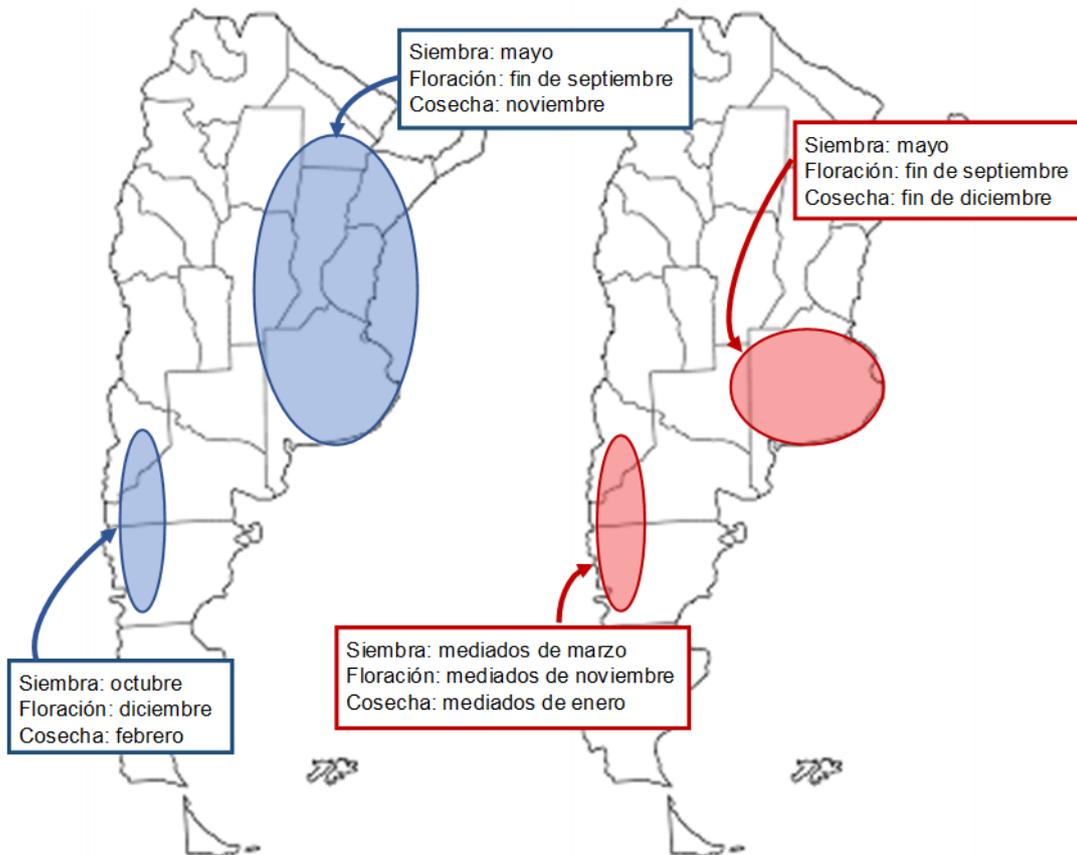


Figura 5.6: Ubicación aproximada de las áreas posibles de cultivo de colza primaveral (izquierda, en azul) e invernal (derecha, en rojo) en la Argentina, en seco, desde el punto de vista climático

Requerimientos edáficos

La colza se adapta muy bien a distintos tipos de suelos de aptitud agrícola, sin embargo, desarrolla mejor en los de mediana a alta fertilidad, francos y con buen drenaje. Por otro lado, si bien puede cultivarse en lotes de baja fertilidad, su rendimiento se ve muy deprimido debido a la alta demanda nutricional de este cultivo con respecto a los cereales de invierno. Puede desarrollarse en suelos con pH desde 5,5 a 8,3 sin alterar demasiado sus rendimientos y se considera un cultivo moderadamente tolerante a salinidad (5-6 milimhos.cm⁻¹). Es también importante tener en cuenta la posible presencia de residuos de herbicidas en el suelo, aplicados a los cultivos previos, que puedan afectar a la colza produciendo fitotoxicidad.

Para definir el manejo nutricional del cultivo en relación al momento, dosis, forma y fuente de los fertilizantes a emplear, es necesario conocer los requerimientos de los distintos nutrientes minerales por parte del cultivo según el nivel de rendimiento esperado, su ritmo de absorción durante el ciclo y su dinámica en el suelo.

Nitrógeno

La colza es un cultivo con altos requerimientos de N. La tabla 5.2 muestra que el cultivo debe absorber $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para producir unos $2500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de semilla. Por otro lado, su restitución al suelo a través del rastrojo no es alta, del orden del 40%.

La absorción de N durante el ciclo sigue la curva de acumulación de materia seca, siendo muy baja en las primeras etapas, incrementándose hasta alcanzar su máxima tasa durante la elongación y disminuyendo hacia la cosecha. Si bien la acumulación de N durante el período de roseta es baja, la colza tiene la capacidad, si la disponibilidad supera sus requerimientos, de acumular N no metabolizado en las hojas, quedando almacenado para ser metabolizado posteriormente y cubrir necesidades no satisfechas por el medio. Durante la elongación del cultivo llega a absorber el 50% del total acumulado durante el ciclo. Posteriormente, durante la floración y la fructificación, paralelamente a la absorción de N del suelo, se producen importantes traslocaciones dentro de la planta, consecuencia de la temprana decadencia del área foliar y de la sucesiva importancia que van adquiriendo los tallos y las silicuas como fuentes fotosintéticas (Merrien et al., 1988).

Tabla 5.2: Absorción y exportación de nutrientes por el cultivo de colza para un rendimiento de $2500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

	Absorción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Exportación (%)
N	152	60
P	31	74
K	86,5	53
S	37	47

Elaboración propia en base a Grant y Bailey (1993), CETIOM (1995), Figueroa (1998), Ciampitti y García (2007) y Canola Council of Canada (2021).

Una buena dotación de N en el suelo se manifiesta en el cultivo desde las primeras etapas: inicialmente por un mayor desarrollo foliar y cobertura del suelo, más tarde por una mayor acumulación de materia seca total, con plantas más altas, más ramificadas, de mayor índice y duración del área foliar y, finalmente, por un mayor número de frutos y número de semillas por fruto (Grant y Bailey, 1993). Cuando la disponibilidad de N es muy alta, la calidad de la semilla puede disminuir debido a un menor porcentaje de aceite, sin embargo, la producción de aceite por unidad de superficie será mayor debido a los rendimientos más altos (Grant y Bailey, 1993).

Fósforo

Su absorción es lenta en las primeras etapas, acelerándose durante la elongación y alcanzando la máxima acumulación de este nutriente en la planta hacia el fin de la floración (Merrien et al., 1988).

La colza requiere tanto o más P que los cereales de invierno para alcanzar altos rendimientos. Debido a esto, en suelos con bajos niveles de P disponible, ve limitado fuertemente su crecimiento tanto aéreo como radical. A pesar de estos altos requerimientos, la restitución que hace al suelo a través del rastrojo es relativamente alta (Tabla 5.2).

Este cultivo se caracteriza por una muy alta eficiencia en el uso del P, tanto nativo como del fertilizante. Esto se relacionaría con dos mecanismos: a medida que la concentración de P disminuye en la solución, el diámetro de sus raíces disminuye y el número y longitud de las raíces fina aumenta, incrementando así la habilidad de la planta para absorber el P (Grant y Bailey, 1993). Por otro lado, la colza disminuye el pH de la rizósfera deficiente en P a través de la liberación de ácidos orgánicos, incrementando la solubilización del P y su concentración en la solución del suelo adyacente a la raíz (Grant y Bailey, 1993). También se ha observado una mayor proliferación de raíces de colza alrededor de los gránulos del fertilizante fosforado en relación a otros cultivos, esto le otorgaría la mayor eficiencia en el uso del P del fertilizante y la respuesta a menores dosis (Grant y Bailey, 1993).

Potasio

Su absorción es muy lenta durante la etapa de roseta y se hace máxima durante el crecimiento de los tallos, de modo tal que al inicio de floración la planta absorbió casi el total de los que habrá acumulado en madurez (Merrien et al., 1988).

En la tabla 5.2 se observan los altos requerimientos de este nutriente de los cuales exporta una cantidad importante. En nuestro país, aún no se han observado deficiencias de K debido la buena dotación de este nutriente que presentan, en general, los suelos agrícolas. Sin embargo, es importante tomar en consideración la alta exportación K que realiza este cultivo en el marco de un proceso generalizado de acidificación de nuestros suelos.

Azufre

Es especialmente crítico en la producción de colza y frecuentemente, su rendimiento se ve restringido por deficiencia de este nutriente (Grant y Bailey, 1993). El azufre es componente de la cisteína y la metionina, aminoácidos esenciales para la síntesis proteica. Está involucrado en la síntesis de la clorofila y en las crucíferas es necesario para la síntesis de aceites volátiles que se acumulan como glucosinolatos. La colza tiene mayores requerimientos de azufre que los cereales de invierno. Esto se debe a su mayor contenido proteico combinado con una mayor proporción de cisteína y metionina (Grant y Bailey, 1993).

Su absorción por la planta es baja durante la etapa de roseta, aumenta durante la elongación y alcanza las máximas tasas durante la floración y fructificación, por lo cual los síntomas de deficiencia suelen manifestarse a partir de la elongación del cultivo (Merrien et al., 1988).

Aun deficiencias moderadas de azufre en la colza pueden producir síntomas poco visibles, pero reducen los rendimientos. Sólo deficiencias muy severas pueden reconocerse visualmente por lo que cobran importancia los métodos de diagnóstico para evaluar la necesidad de fertilización (Grant y Bailey, 1993). Los síntomas de carencia de S pueden confundirse con la deficiencia

de N cuando se registran antes de la elongación de las plantas y las deficiencias no son muy importantes. Pero si lo son, las hojas más jóvenes son pequeñas y toman forma de cuchara debido al menor crecimiento de los bordes y, en floración es característica la menor coloración de los pétalos que pueden ser pálidos o incluso blancos.

Referencias

- Apella, C. M. (2012). *Rendimiento potencial, período crítico y diferencias entre genotipos primaverales e invernales de colza en el sudeste bonaerense*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7053/INTA_CRBsAsSur_EEABa-row_Appella_CM_Rendimiento_potencial_periodo_critico_colza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Canola Council of Canada. (2021). Growth stages. *Canola Encyclopedia*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia>
- CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains. (1978). *Colza d'hiver. Cahier Technique*. Paris, CETIOM.
- CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains. (1995). *Colza de printemps. Brochure technique*. Paris, CETIOM.
- Chamorro, A. M. y Bezus, R. (2010). Desarrollo y producción de colza canola en La Plata (Buenos Aires) en cuatro fechas de siembra. *XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología*, La Plata, Acta de resúmenes, 53-54.
- Chamorro, A. M. y Sarandón, S. J. (2013). El agua: un recurso esencial para una agricultura sustentable. Efecto de la tecnología, la calidad de sitio y el tipo de cultivo, sobre la eficiencia de su uso en Tres Arroyos, Argentina. *Cadernos de Agroecología*, 8 (2), 1- 5.
- Chamorro, A. M. y Tamagno, L. N. (2004). Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* forma *annua*). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 53-62.
- Chamorro, A. M., Bezus, R. y Tamagno, L. N. (2009). Evaluación del comportamiento de cultivares de colza canola en La Plata, Pcia. de Buenos Aires. *Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA 2007-2009*, 343-349.
- Chamorro, A. M., Bezus, R., Golik, S. I. y Pellegrini, A. (2014). Eficiencia de uso del agua de lluvia para distintas secuencias de cultivos en La Plata, Buenos Aires. *Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología*, Montevideo. Acta de resúmenes, 25-26.
- Chamorro, A. M., Tamagno, L. N. y Bezus, R. (2006). Desarrollo fenológico y comportamiento productivo de cultivares primaverales de colza canola en La Plata (Pcia. de Buenos Aires). *XI Reunión Argentina de Agrometeorología*. La Plata, Actas de resúmenes, 111-112.

- Ciampitti, I. A. y García, F. O. (2007). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico N°11. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 33,13-16.
- Coll, L. (2013). Las últimas heladas y su efecto en el cultivo de colza. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-heladas_y_su_efecto_en_el_cultivo_de_colza_2013.pdf
- Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A. y Rad, A. H. S. (2008). Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*, 96, 132-140.
- Figuroa, M. M. (1998). Colza–canola: En: Melgar, R. y Díaz-Zorita, M. (Ed). *La fertilización de cultivos y pasturas*. (147-152). Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.
- Gaggioli, C., Quiroga, A. y Noellemeyer, E. (2013). Evaluación de la eficiencia de uso de agua y productividad en cultivos invernales en la región semiárida pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 23 (2), 17-26.
- Ghobadi, M., Bakhshandeh, M., Fathi, G., Gharineh, M. H., Alami-Said, K., Naderi, A. y Ghobadi, M. E. (2006). Short and long periods of water stress during different growing stages of Canola (*Brassica napus* L.): Effect on yield components, seed oil and proteins contents. *Journal of Agronomy*, 5, 336-341.
- Giayetto, O. (1995). *Modelo de Simulación de la Colza (Brassica napus L. forma annua) en la región de Río Cuarto (Córdoba, Argentina)*. (Tesis de Maestría). Facultad de Agronomía, UBA, Argentina.
- Grant, C. A. y Bailey, L. D. (1993). Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 615-670.
- Habekotté, B. (1997). Options for increasing seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a simulation study. *Field Crops Research*, 54, 127-136.
- Iriarte, L., López, Z. y Valetti, O. (2008). Influencia de la temperatura sobre el cultivo. En: Iriarte, L. y Valetti, O. (Ed.), *Cultivo de colza*. (31-40). Tres Arroyos, INTA.
- Kirkegaard, J. A., Lilley, J. M., Brill, R. D., Ware, A. H. y Walela C. K. (2018). The critical period for yield and quality determination in canola (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*, 222, 180–188.
- Leterme, P. (1988) Croissance et développement du colza d'hiver: Les principaux étapes. En: Centre Technique Interprofessionel des Oleagineux Metropolitains (Ed.). *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. (23-33). París, CETIOM.
- Mendham, N. J., Shipway, P. A. y Scott, N. A. (1981). The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science*, 96, 389-416.
- Merrien, A., Palleau, J. P. y Maisonneuve, C. (1988). Besoins en Eléments Minéraux du Colza Cultivé en France. En: Centre Technique Interprofessionel des Oleagineux Metropolitains (Ed.). *Physiologie et Elaboration du Rendement du Colza d'hiver*. (34-46). París, CETIOM.

- Mistrorigo, D., Coll, L. y Caviglia, O. P. (2014). Disponibilidad lumínica y distribución temporal de la producción de flores y silicuas en colza. *1° Simpósio Latino Americano de Canola*. Passo Fundo, Brasil. Recuperado de: <http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Domingo%20Mistrorigo%20-%20Disponibilidad%20luminica%20y%20....pdf>
- Morrison, M. J., Mc Vetty, P. B. y Shaykewihc, C. F. (1989). The determination and verification of baseline temperature for the growth of Westar summer rape. *Canadian Journal of Plant Science*, 69, 455-469.
- Morrison, J. y Stewart, D. (2002). Heat stress during flowering in Summer Brassica. *Crop Science*, 42, 797-803.
- Murphy, G. y Pascale, N. C. (1991). Cultivating areas of winter and spring rapeseed 00 in Argentina. *Proceedings Eighth International Rapeseed Congress GCIRC*, 4, 1288-1293.
- Pascale, N. C. (1976). Colza. Su cultivo, mejoramiento y usos. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Buenos Aires: ACME S.A.C.I.
- Pascale, N.C., Windauer, L., Gómez, N. y Villariño, P. (1994). Determinación de la temperatura base en colzas primaverales cultivadas en Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 14 (2), 149-155.
- Rutkowska, A. (2019). Productivity of winter oilseed rape depending on its nitrogen and water use efficiency. *Polish Journal of Agronomy*, 39, 10–15.
- Si, P. y Walton, G. H. (2004). Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 367-377.

CAPÍTULO 6

Manejo tecnológico del cultivo de colza

Rodolfo Bezus, Liliana B. Iriarte y Adriana M. Chamorro

Zonas de producción de colza. Rotaciones y preparación del suelo

El cultivo de colza se siembra en una amplia zona de nuestro país que presenta diferencias climáticas y edáficas. La principal zona productora se ubica en el sudoeste, centro sur y norte de la provincia de Buenos Aires, sur de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos.

Los suelos trigueros del sur, centro sur y sudoeste de la provincia de Buenos Aires, son suelos que se encuentran limitados a la producción de cereales de invierno y al incluir el cultivo de colza se permite una mayor diversificación. Las características de esta especie en cuanto a su capacidad de explorar distintas profundidades del perfil edáfico por el tipo de raíz que posee, favorecen el reciclaje de nutrientes hacia los horizontes superficiales y mejora la capacidad de generar meso y macroporos, permitiendo al suelo almacenar una mayor cantidad de agua.

Cuando se decide integrar la colza en una secuencia de cultivos, es fundamental tener presente la historia previa y el manejo dado al lote hasta ese momento. El cultivo presenta enfermedades comunes con las otras oleaginosas de verano habitualmente sembradas en la región con lo cual la recomendación sería incluirla entre dos cereales de invierno o posteriormente a gramíneas estivales. Por otro lado, la sensibilidad de las crucíferas a los herbicidas hormonales y a otras formulaciones, hacen necesario prestar el máximo de atención a la ubicación del cultivo en la secuencia agrícola.

En la región triguera del sur de Buenos Aires diversas experiencias realizadas en la Chacra Experimental de Barrow, han permitido evaluar el comportamiento de este cultivo cuando es incorporado en las secuencias agrícolas (Forján e Iriarte, 1998; Forján y Manso, 2008).

El crecimiento y desarrollo del cultivo es variable de acuerdo a las condiciones climáticas presentadas en el ciclo y a la disponibilidad hídrica en aquellos momentos claves para la definición del rendimiento. Es así que la producción de biomasa lograda ha presentado fuertes oscilaciones. Inicialmente depende del tipo de cultivo antecesor y la longitud del período de barbecho previo, factores que inciden fundamentalmente sobre la fecha de siembra y la disponibilidad hídrica en implantación, y posteriormente, de las condiciones hídricas y térmicas necesarias para su crecimiento, las que permitirán alcanzar un desarrollo foliar adecuado para poder captar y transformar la radiación incidente.

El rendimiento del cultivo antecesor, su rastrojo remanente y el momento en que desocupa el lote, inciden directamente sobre el éxito en la implantación de la colza. El futuro crecimiento, desarrollo y posterior rendimiento estarán muy influenciados por el momento en el que el cultivo es implantado. En la figura 6.1 se muestran los posibles períodos de barbecho según distintos antecesores en el sur de Buenos Aires (Forján y Manso, 2008).

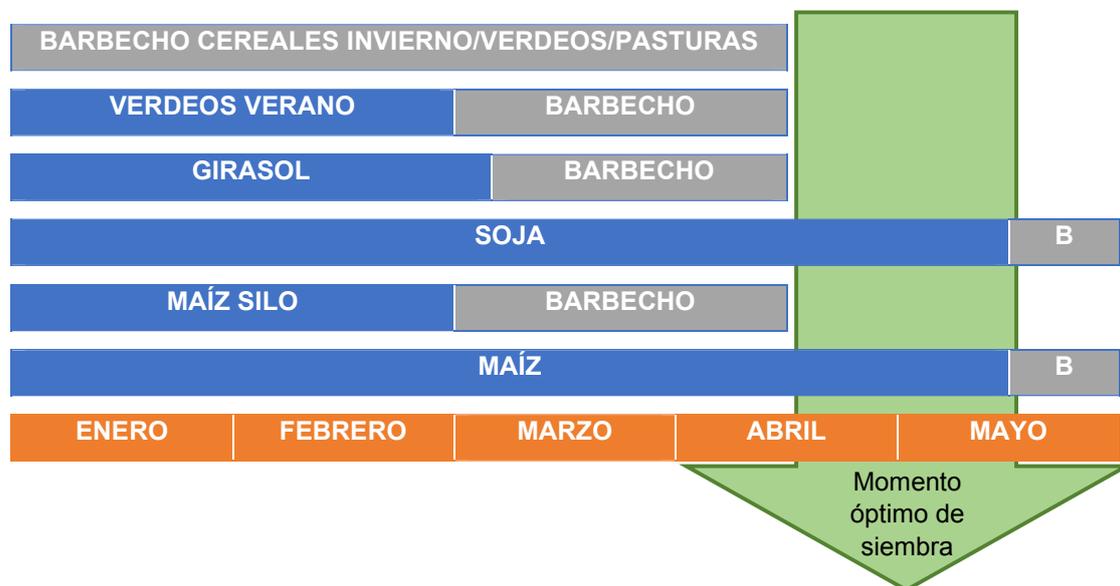


Figura 6.1: Cultivos antecesores para colza y períodos de barbecho en el área de la Chacra Experimental Integrada Barrow
Referencia: B: barbecho

Por otro lado, la colza ha mostrado ser un buen antecesor para el trigo en comparación con otros cereales de invierno comúnmente empleados en la región sur de Buenos Aires (Forján y Manso, 2008) (Tabla 6.1). Cuando el ambiente fue favorable (suelo más descansado con mayor fertilidad), el trigo pan alcanzó una mayor respuesta sobre antecesor colza con respecto a otros cereales comparados.

Tabla 6.1: Rendimiento de trigo pan (kg.ha⁻¹) sobre distintos antecesores de cosecha fina (Chacra Experimental Integrada Barrow, Tres Arroyos, Buenos Aires)

Antecesor	Historia agrícola corta (suelo descansado)	Historia agrícola larga (16 años agricultura continua)
Trigo candeal	2570 ab	2190 a
Avena	2140 b	2170 a
Cebada	2480 ab	2225 a
Colza	2720 a	2230 a

Se puede deducir que la presencia de colza en la secuencia permite mantener el potencial de los cereales en comparación con su monocultivo. La inclusión de esta oleaginosa favorece el

control de enfermedades comunes a los cereales (pietín, fusarium), y también el de malezas gramíneas lo que resulta un serio problema en secuencias continuas de cereales de invierno. La rotación facilita el empleo y la alternancia de diferentes grupos de agroquímicos los cuales limitan la aparición de resistencia en malezas de presencia continua (Forján y Manso, 2008).

El vuelco hacia esquemas mayoritariamente agrícolas registrado en los últimos años ha provocado un aumento de la siembra denominada de “segunda” de cultivos de verano. Es ahí donde aparece la colza como un antecesor adecuado para realizar este tipo de siembra (Forján et al., 2014). Esta técnica tendría ciertas limitaciones que estarían dadas principalmente en el comienzo del cultivo estival, por el contenido de agua en el momento de su siembra. En evaluaciones realizadas en Tres Arroyos, el perfil del suelo donde estuvo ubicada la colza presentó siempre un menor contenido hídrico que cualquiera de los cereales comparados (cebada, avena), con lo cual resultó una limitante importante para la implantación de soja o girasol en esa situación (Forján y Manso, 2008). No obstante, y si las condiciones hídricas acompañaran, la colza desocupa el lote en forma anticipada en comparación con avena o cebada que serían los cereales de invierno que presentan un ciclo total más corto que el trigo. Esto posibilita una siembra más temprana del cultivo de segunda con efectos positivos sobre su crecimiento y rendimiento.

La tabla 6.2 muestra que, en todas las campañas evaluadas, la tendencia fue la misma, la soja consiguió mejores rendimientos que girasol en siembras de “segunda” con todos los antecesores evaluados. Por otro lado, y en general, se logró una mejor implantación de los cultivos de “segunda” sobre rastrojos de cereales de invierno que sobre colza, factor que incidió en forma marcada en los rendimientos finales de las oleaginosas de verano. No obstante, cuando se realizó el análisis económico del doble cultivo, el mayor valor que presentó el grano de colza con respecto a los cereales de invierno compensó la diferencia que se presentó en los rendimientos (Forján y Manso, 2008).

Tabla 6.2: Producción de cultivos de segunda sobre distintos antecesores de cosecha fina (Chacra Experimental Integrada Barrow, Tres Arroyos, Buenos Aires)

	Antecesor Colza	Antecesor Avena	Antecesor Cebada
Rastrojo del antecesor (kg.ha⁻¹)	3890	4790	5210
Rendimiento Girasol (kg.ha⁻¹)	770	930	1140
Rendimiento Soja (kg.ha⁻¹)	1280	2020	1820

Considerando el mantenimiento del recurso suelo, es importante conocer el aporte de rastrojos que cada cultivo entrega, ya que es la única herramienta que el productor posee para evitar el deterioro de su principal capital.

En el caso de las oleaginosas, en general, el elevado contenido de nitrógeno y carbohidratos solubles de sus residuos, aceleran la tasa de descomposición por lo que resulta relativamente bajo su aporte de carbono al sistema (Tabla 6.3). No obstante, los residuos de soja, girasol y colza se descomponen rápidamente y suministran nutrientes durante los primeros estadios del

cultivo siguiente (Manso y Forján, 2016). Por lo tanto, se refuerza el concepto de la rotación de cultivos donde se deben sincronizar los objetivos específicos de manejo de suelo (cobertura, mineralización, lixiviación de nutrientes) con las necesidades de los cultivos.

En siembras convencionales se debe realizar una buena preparación del suelo ya que al tratarse de una semilla muy pequeña requiere una cama de siembra mullida, pareja y firme para asegurar un buen contacto del suelo con la semilla.

Si el sistema de producción se desarrolla en siembra directa, es importante tener en cuenta que esa cobertura de rastrojos mejorará la disponibilidad hídrica inicial beneficiando la implantación de colza. Sin embargo, coberturas de rastrojos muy voluminosos pueden dificultar la siembra teniendo en cuenta el tamaño de la semilla de colza, por lo cual será necesario ajustar el sistema de siembra (cuchillas cortadoras, barre-rastrojos, etc.) o hacer un tratamiento en la cosecha del cultivo anterior, como evitar el triturado de los residuos, o extraerlos por medio del enrollado.

Tabla 6.3: Producción y calidad de rastrojos de distintos cultivos y su relación Carbono/Nitrógeno (Chacra Experimental Integrada Barrow, Tres arroyos, Buenos Aires)

Cultivo	Rendimiento en grano	Materia seca de rastrojos	Rastrojos Aporte de C	Rastrojos Aporte de N	Relación C/N	Concepto de Relación C/N
	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹		
Trigo	3300	4620	2680	26,3	102	Alta
Cebada	3400	4420	2564	23,4	109	Alta
Avena	3700	5550	3219	32,2	100	Alta
Colza	1700	2550	1479	18,9	78	Intermedia
Girasol	2200	3740	2169	30,7	71	Intermedia
Maíz	6800	9520	5522	60,9	91	Alta
Soja	2200	3300	1914	42,9	45	Baja

Siembra de colza

En nuestro país los **CULTIVARES** que se encuentran disponibles en el mercado pertenecen a *Brassica napus*. Dentro de esta especie, de acuerdo con sus requerimientos de horas de frío, existen dos tipos: invernales y primaverales. Lo invernales son usados en la Unión Europea y provienen de centros de investigación y criaderos de esos países. Los cultivares primaverales son originados en Canadá, Australia y China.

Actualmente, hay una sola variedad de origen argentino creada por INTA su nombre es Macacha INTA proveniente del programa de mejoramiento de la institución.

La oferta varietal en colza abarca variedades o líneas, híbridos y asociaciones varietales. Los dos primeros tipos varietales son los más utilizados, aunque predominan los híbridos en la oferta comercial. La mayor oferta de híbridos se basa en razones agronómicas como homogeneidad genética, uniformidad de implantación y cosecha, facilidad de manejo, y razones comerciales, ya que aseguran la protección de la propiedad intelectual al tener que adquirir la semilla al inicio de cada campaña (Iglesias et al., 2017). Las variedades derivan de una planta homocigota, se obtienen a partir de una población por selección y autofecundación o por selección recurrente.

Las asociaciones varietales conforman una mezcla entre plantas híbridas desprovistas de polen y plantas polinizadoras. Si el o los polinizadores son una línea, la asociación es una compuesta línea híbrida (CHL), si es un híbrido se llama compuesto híbrido híbrido (CHH). En este caso la fecundación cruzada tiene riesgos ligados a las condiciones climáticas.

Al momento de elegir el cultivar a sembrar, el **rendimiento en grano y aceite** no es el único parámetro que debe ser tenido en cuenta (Iriarte y Valetti, 2008a). Todos los cultivares registrados tienen un buen potencial de rendimiento que debido a dificultades en el manejo no siempre se expresa. Al seleccionar un cultivar se debe considerar también:

El **área agroclimática** en la que se va a realizar la siembra, en base a ello se pueden emplear cultivares de tipo invernal o primaveral.

El **ciclo del cultivar** que se va a emplear, dado que en los cultivares primaverales existen diferencias de más de 15 días entre algunos de ellos. Los más cortos permiten liberar el lote más temprano para la siembra de un cultivo de segunda.

El **comportamiento sanitario** del material con respecto a las principales enfermedades que afectan al cultivo. En las redes de evaluación se informa sobre este punto.

Otro aspecto importante al momento de sembrar es tener en cuenta la calidad de la semilla que se va a emplear. La calidad va a estar dada especialmente por la pureza botánica, el poder germinativo, vigor, tamaño de grano, contenido de clorofila y sanidad.

Con relación al tamaño del grano que se emplea, investigadores del Canola Council of Canada (2006) han realizado trabajos en los que demuestran cómo el tamaño de semillas influye sobre la materia seca que va a poseer la planta, poniendo de manifiesto que las plántulas provenientes de semillas más grandes alcanzan un mayor peso de materia seca en comparación con las originadas de semillas medianas o pequeñas. La utilización de semilla de mayor tamaño permite alcanzar mejores coberturas de suelo en menor tiempo.

La siembra puede realizarse empleando cualquier sembradora de trigo. Actualmente, existe maquinaria muy moderna que permite incluso utilizar placas para la siembra. Si el productor no cuenta con este tipo de maquinarias se emplean aquellas que poseen cajón alfalfero o directamente el cajón para trigo.

Para determinar la mejor **FECHA DE SIEMBRA** se debe tener en cuenta cuáles son los requerimientos del cultivo y las restricciones que el clima y el suelo de la zona de producción van a ejercer sobre el mismo.

En la Argentina la época de siembra es muy amplia. Se puede sembrar desde principios de mayo hasta fines de junio de acuerdo con el área de cultivo y el tipo de cultivar que se utilice. Se

debe tener en cuenta que las variedades invernales deben ser sembradas en zonas donde haya garantía de lograr las sumas térmicas necesarias para florecer y madurar. Por lo tanto, deberían sembrarse en el sur del país y, si se trata de zonas de temperatura templada, la fecha de siembra debe ser temprana (principios de otoño) para que el cultivo tenga la posibilidad de acumular las horas de frío necesarias. Las variedades primaverales pueden sembrarse más tarde ya que no tienen necesidad de vernalización (Iriarte y Valetti, 2008a).

Los resultados de varios años de ensayo llevados a cabo en la Chacra Experimental Integrada Barrow y de ensayos bioecológicos realizados en varias localidades de la Argentina han permitido determinar las mejores fechas de siembra en las distintas localidades con los distintos tipos de cultivares (Iriarte y Valetti, 2008a). En términos generales, los mejores rendimientos con cultivares primaverales, independientemente de su ciclo, se han obtenido en siembras de mediados de mayo a mediados de junio.

Pero al analizar según zonas de producción, en el **centro sur de la provincia de Buenos Aires**, las mejores fechas de siembra para los cultivares de tipo invernal y primaverales largos abarcan desde mediados de marzo a principios de mayo. Desde mediados de mayo a mediados de julio pueden sembrarse cultivares primaverales de ciclo intermedio a corto (Figura 6.2).

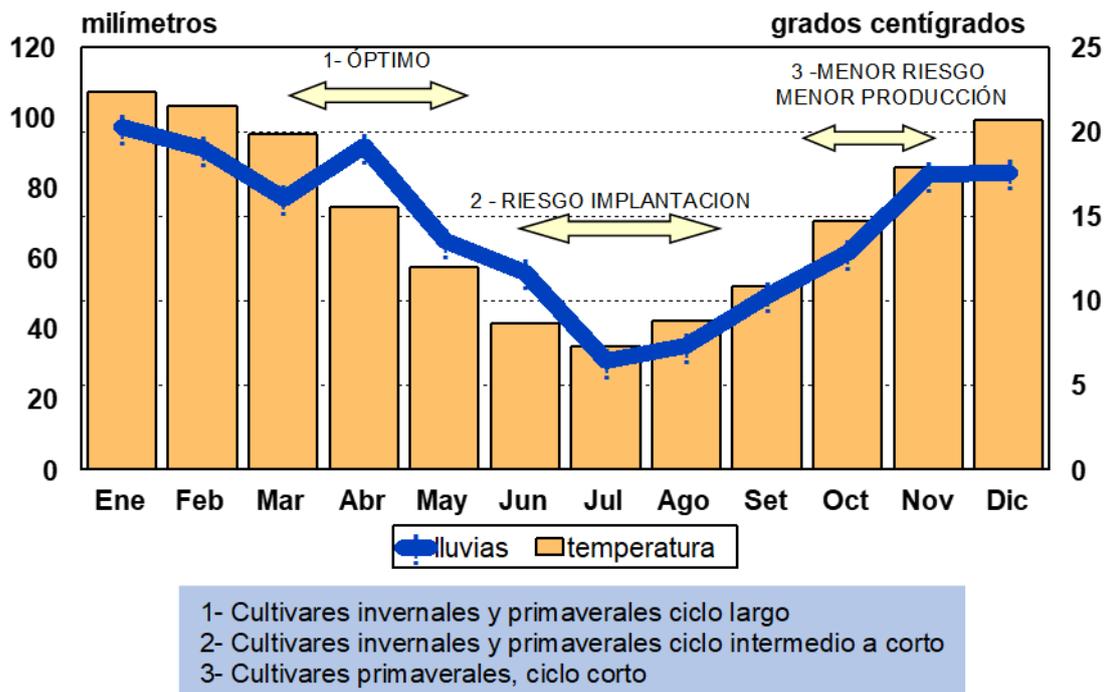


Figura 6.2: Características de los períodos de siembra en el centro sur de la provincia de Buenos Aires (datos de la Estación Meteorológica CEI Barrow)

En **Entre Ríos**, los trabajos realizados por el Ing. Leonardo Coll (INTA, Paraná) muestran que los cultivares primaverales largos producen los rendimientos máximos en fechas de siembra de principios de abril, reduciéndose la producción al retrasar la fecha de siembra, mientras que los cultivares primaverales de ciclo corto alcanzan los mejores rendimientos en fechas de siembra de mayo. Estos trabajos muestran la necesidad de manejar la fecha de siembra para ubicar

correctamente el momento de floración (Figura 6.3). En Entre Ríos se emplean materiales primaverales de ciclo intermedio y corto que no se deben sembrar muy temprano (marzo, abril) ya que pueden llegar a la etapa reproductiva en un período en el que las condiciones de temperatura no son favorables. Temperaturas medias diarias inferiores a 12°C reducen el índice de fructificación afectando los rendimientos.

Cuando la siembra se realiza en pleno invierno se ve afectada principalmente por las bajas temperaturas y falta de humedad lo que constituye un riesgo para la implantación.

En líneas generales, se debe jugar con la fecha de siembra y el ciclo del cultivar. La floración en Entre Ríos no debe suceder durante julio porque las temperaturas son muy bajas, ni más allá del 20 de agosto ya que después de esa fecha las temperaturas son muy altas. En el sur de la provincia de Buenos Aires, las floración se deben producir después del 15 de septiembre porque si se da antes las temperaturas son muy bajas.

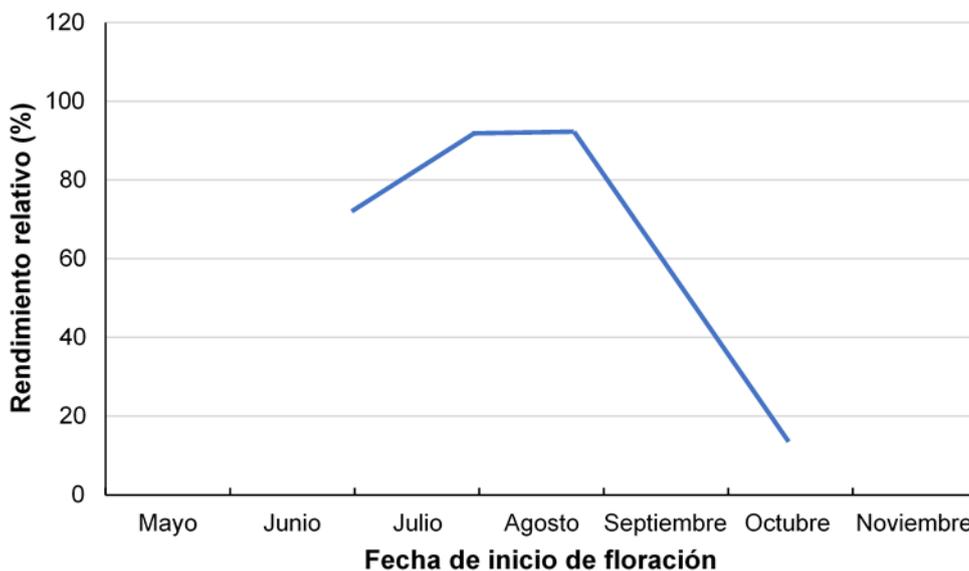


Figura 6.3: Relación entre la fecha de floración y el rendimiento en Paraná, Entre Ríos.
Adaptado de Coll y Caviglia (inédito, citado por Iriarte, 2021)

Con respecto a la **DENSIDAD DE SIEMBRA**, la colza es una especie muy plástica. Ensayos realizados en Canadá con cultivares primaverales muestran que no existen variaciones significativas de rendimiento en un rango de densidad de 60 a 200 pl.m⁻². Densidades menores desaprovechan recursos y densidades mayores favorecen más el vuelco y la presencia de enfermedades (Canola Council of Canada, 2006).

En cultivares primaverales, lo ideal es tener a la cosecha entre 60 y 80 pl.m⁻². Teniendo en cuenta que el peso de 1000 granos varía entre 2 y 5,5 gramos y de acuerdo a la calidad de la semilla estas densidades se lograrían utilizando entre 4 y 5 kg de semilla por hectárea. En materiales invernales debe trabajarse con densidades menores, entre 30 y 50 pl.m⁻².

Los ensayos realizados muestran los mejores resultados con **SURCOS DISTANCIADOS** a 15 o 30 cm. Con esta distancia se logra una buena distribución de la semilla, el cultivo se desarrolla favorablemente, logrando buena cobertura y favoreciendo la competencia con las malezas

que puedan nacer. Surcos más distanciados determinan, a las mismas densidades de siembra, una gran concentración de plantas, provocando alta competencia intraespecífica. De esta forma disminuye el número de ramificaciones y se obtienen tallos finos y débiles con mayor tendencia al vuelco. Además, los surcos más distanciados hacen que se reduzca la capacidad competitiva del cultivo frente a las malezas (Iriarte y Valetti, 2008a).

En colza es muy importante la **PROFUNDIDAD A LA QUE SE SIEMBRA**. No se pueden exceder los 2 o 3 cm de profundidad porque disminuye el porcentaje de plantas logradas (que puede reducirse al 60% con una profundidad de 4 cm) o se provoca un atraso importante en la emergencia y desarrollo de la planta.

La colza se presenta como uno de los cultivos más sensibles para implantar en **SIEMBRA DIRECTA**, especialmente por el tamaño pequeño que tiene la semilla. Además, se hace imprescindible despejar los residuos con mecanismos que ubiquen la semilla en contacto con la humedad del suelo y garanticen la germinación y emergencia. De esta manera se minimizan los riesgos de ataque de insectos, incidencia de enfermedades, estrés hídrico, daño por heladas y stand de plantas desuniformes (Iriarte y Valetti, 2008a). Por otra parte, en lo relativo a las sembradoras y su regulación se pueden emplear:

- **Cuchillas turbo**: son fundamentales para preparar el lecho de siembra y trabajan mejor sobre rastrojos secos.
- **Barrerastrojos**: Se emplean para despejar los residuos de la línea de siembra. No todas las máquinas se adaptan ni todos los modelos de barrerastrojos son adecuados.
- **Compactadoras**: El uso de ruedas compactadoras, o el adicional de las denominadas colitas compactadoras cumplen con gran eficiencia la misión de apretar la semilla en el fondo de surco. Esta eficiencia se manifiesta tanto en las sembradoras de doble disco, como las monodisco.
- **Adecuada velocidad de siembra**: el ideal sería trabajar entre 4 y 5 km.h⁻¹. Esto influye principalmente sobre la homogeneidad en la profundidad de siembra, dando tiempo a que la máquina copie los desniveles del terreno.

Adversidades del cultivo

Como todos los cultivos, la colza puede sufrir adversidades abióticas y bióticas. Entre las primeras, en el Capítulo 5, se ha mencionado la sensibilidad de la colza a las deficiencias hídricas en la implantación y en la floración del cultivo, considerada esta última etapa como período crítico. Otra adversidad importante, a la que se hizo referencia en el punto anterior sobre la siembra, son las heladas, ya que tanto la etapa cotiledonal como la floración y fructificación son sensibles a las mismas, aunque los riesgos difieren ya que en la implantación puede perderse el cultivo si la intensidad y frecuencia de las heladas son altas. En la floración, Coll (2013) indica que si las heladas no son muy intensas sólo afectan a las flores abiertas al momento de producirse, sin afectar el desarrollo de los pimpollos o de las silicuas recién formadas. Además, si se pierden algunas flores y silicuas al inicio de la floración, pueden ser compensadas por la floración de las

ramificaciones, resultando en reducciones de rendimiento de poca importancia. El mismo autor señala que, cuando las heladas tardías se producen en cultivos más avanzados en su desarrollo, aunque no sea frecuente en nuestro país, pueden producir importantes pérdidas de rendimiento y de calidad de la semilla de colza, dependiendo del porcentaje de humedad de las mismas al momento de la helada. Semillas con 45% o más de humedad afectadas por una helada fuerte, quedarán “chuzas” por no poder completar su llenado y generalmente quedan verdes (por verse afectado el sistema enzimático que degrada la clorofila durante la maduración), lo cual afecta la calidad del aceite.

Por el contrario, temperaturas mayores a 29,5°C durante la floración producen un estrés térmico que reduce el rendimiento del cultivo por fallas en la polinización (Canola Council of Canada, 2021).

Entre las adversidades bióticas tenemos a las enfermedades, las plagas animales y las malezas, las cuales se desarrollan a continuación.

Las enfermedades de la colza

Numerosos patógenos han sido identificados produciendo enfermedades en la colza en nuestro país. Algunos han sido reportados en las diferentes zonas productoras del país y, además, son muy importantes a nivel mundial. Tal es el caso de *Sclerotinia sclerotiorum*, que produce la podredumbre húmeda del tallo, *Alternaria brassicae*, que produce la alternariosis, mancha negra o mancha gris y *Phoma lingam* (anamorfo) – *Leptosphaeria maculans* y *Leptosphaeria biglobosa* (teleomorfo) que produce varias enfermedades: la mancha foliar por *Phoma*, el cancro del tallo y la necrosis de la base del tallo (Canola Council of Canada, 2021). Otros patógenos se han registrado sólo en algunas zonas o con menor importancia, ya sea en nuestro país como en otros. Entre ellos encontramos a *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, que produce la mancha en V de las crucíferas o podredumbre negra (Formento, 2014a; Velazquez et al., 2016a), *Oidium* spp. (anamorfo) – *Erysiphe cruciferarum* (teleomorfo) produciendo el oidio (Formento, 2014a; Velazquez et al., 2016b) y *Hyaloperonospora brassicae* que ocasiona el mildiu (Formento, 2014b). También, en el inicio del cultivo, las plantas pueden ser afectadas por un complejo de hongos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Pythium* sp. y *Alternaria* sp. los que producen el damping-off, es decir, desde la podredumbre de la semilla hasta la muerte de plántulas y pérdida de raíces que terminan afectando el rendimiento (Iriarte y Valetti, 2008b).

- **MANCHA FOLIAR POR *Phoma*, CANCRO DEL TALLO, NECROSIS DE LA BASE DEL TALLO.** Es considerada la enfermedad más importante de la colza a nivel mundial. En nuestro país, se ha encontrado produciendo daños significativos en lotes de producción a partir del año 2004 (Iriarte y Valetti, 2008b).

Anteriormente se pensaba que esta enfermedad era producida por una única especie, *Phoma lingam* -*Leptosphaeria maculans*, con distintas razas, unas más virulentas y otras más débiles. Hoy se sabe que es producida por un complejo de especies de *P. lingam*

morfológicamente similares pertenecientes a dos grupos, uno más virulento que corresponde a *L. maculans*, y otro menos virulento, que corresponde a *L. biglobosa*. Esta última ha sido reclasificada y denominada como *Plenodomus biglobosus* a partir de estudios moleculares y filogenéticos recientes (Velazquez, 2019).

Leptosphaeria maculans causa la necrosis de la base del tallo o blackleg que es la forma más dañina de la enfermedad. Se trata de un cancro que se produce en la base del tallo y puede afectarlo totalmente cortando la circulación de agua y nutrientes y provocando el vuelco de las plantas. *P. biglobosus* es menos virulento, siendo posible que no lleguen a producirse cancos, o de hacerlo que no alcancen la base de la planta (Canola Council of Canada, 2021).

La infección primaria del cultivo es producida por ascosporas provenientes de pseudotecios formados en residuos de plantas enfermas de años previos. Estos pseudotecios pueden sobrevivir más de cinco años en los rastrojos, aunque la mayor germinación se da en los tres primeros años. Si bien las ascosporas pueden llegar hasta cinco kilómetros de distancia llevadas por el viento, la mayor parte se deposita en los primeros 500 metros, y son capaces de sobrevivir hasta 30 días en condiciones secas. Estas ascosporas germinan sobre los cotiledones y las hojas jóvenes de la colza penetrando a través de heridas o de los estomas. Unos pocos días después se pueden observar las manchas sobre las hojas debidas a la infección. En el caso de *L. maculans* son de color blanco sucio, verde claro o beige pálido, mientras que en las de *P. biglobosus* son de color marrón oscuro o gris. En el centro de las lesiones aparecen luego pequeños cuerpos oscuros, que son los picnidios, pertenecientes a la forma asexual o anamorfa del patógeno (*Phoma lingam*) que producirán las picnidiosporas. Estas serán las responsables de la infección secundaria, la cual se produce a través de las gotas de lluvia a cortas distancias (20-40 cm). El micelio, lentamente, crece dentro de la hoja hacia el pecíolo llegando al tallo, esta es la fase latente de la enfermedad. Luego la infección se hace visible a través de manchas oscuras en los tallos, con bordes grises o marrones, que son los cancos. En ellos, dentro de la planta, el hongo puede bloquear parcial o totalmente los vasos, reduciendo o inhibiendo la circulación de agua y nutrientes, lo cual produce una maduración anticipada de las plantas. Cuanto más temprano se produzca la infección primaria de las plantas (antes de B2) es mayor la probabilidad de que se produzca la necrosis del cuello, es decir, que los cancos alcancen la base del tallo, que es la fase más perjudicial de la enfermedad. En estos casos, se pueden observar cancos a nivel del cuello durante la floración del cultivo. Normalmente *P. biglobosus* produce cancos más superficiales que *L. maculans*, y a mayor altura, que no llegan al cuello de la planta (Canola Council of Canada, 2021).

También pueden infectarse las silicuas, que presentan manchas con puntos negros (picnidios) y producirán semillas infectadas. De esta manera, las semillas infectadas pueden también convertirse en una importante fuente de inóculo para la siguiente temporada (Canola Council of Canada, 2021).

El manejo de esta enfermedad se basa en las rotaciones y en el uso de cultivares resistentes, aunque también puede hacerse aplicación de fungicidas en los estados tempranos del cultivo. Se recomiendan rotaciones de 3 o 4 años con gramíneas o leguminosas, selección de lotes para

la siembra libres de rastrojos de crucíferas y control de malezas y otros cultivos pertenecientes a la familia crucíferas, reservorio del patógeno (Formento, 2014a). Con respecto a la resistencia genética, hay diferentes genes de resistencia y hay un gran número de razas de *L. maculans* (en Canadá se han identificado al menos 16), pero estas razas se caracterizan por su dinamismo siendo capaces de superar la mayoría de los genes de resistencia en pocos años. Por tal motivo, en el manejo no sólo es importante la rotación de cultivos, en la cual la colza no debería participar más de una vez en 4 años, sino también la rotación de cultivares con distintos genes de resistencia. Para esto, en otros países, como Canadá, existen servicios de identificación de razas de *L. maculans* (Canola Council of Canada, 2021). En nuestro país, la Red nacional de evaluación de cultivares de colza, coordinada por la Chacra Experimental Integrada Barrow, entre otros datos, registra el comportamiento de los cultivares comerciales y precomerciales frente a esta enfermedad (Iriarte y Valetti, 2008b). El control químico es factible aplicando fungicidas cuando se observan los primeros síntomas en cotiledones u hojas jóvenes (Iriarte y Valetti, 2008b). También puede utilizarse curasemillas, en la Argentina el único registrado es trifloxistrobin + metalaxyl (Formento, 2014a).

- **PODREDUMBRE HÚMEDA DEL TALLO o SCLEROTINIA.** *Sclerotinia sclerotiorum* afecta también a la soja, al girasol y a numerosas malezas de hoja ancha y se perpetúa a través de esclerocios en los rastrojos. Las pérdidas de rendimiento se deben a la madurez anticipada de las plantas, el quebrado de los tallos, la reducción en la producción de semillas (las cuales además son más livianas), la dehiscencia de las silicuas y también el aumento de pérdidas de cosecha debido al menor peso de las semillas (Canola Council of Canada, 2021).

Entre los métodos de control se pueden mencionar los culturales, como las rotaciones con cereales o lino ya que no son afectados por este hongo, evitar la siembra donde se ha detectado ataque de *Sclerotinia* sp. en otros cultivos, control de malezas de hoja ancha que son hospedantes alternativos, manejo de la densidad de siembra y distanciamiento entre los surcos, y la utilización de semilla libre de inóculo (esclerocios). Existe también la posibilidad de control químico cuando el cultivo ha iniciado la floración ya que es el momento en que se produce la infección, pero en la Argentina aún no hay fungicidas registrados para el control de *S. sclerotiorum* en colza (Formento, 2014a).

- **ALTERNARIOSIS, MANCHA NEGRA O MANCHA GRIS.** *Alternaria brassicae* es la especie que ha sido encontrada en nuestro país, pero a nivel mundial se reconoce que esta enfermedad es causada por un complejo de especies que incluye también a *A. brassicicola*, *A. raphani*, *A. alternata* y *A. dauci* (Formento et al., 2015). Las pérdidas producidas por esta enfermedad se deben a la reducción del potencial fotosintético por la presencia de manchas en hojas, tallos y silicuas, a la producción de semillas de menor peso y porcentaje de aceite, y a la pérdida de semillas por la maduración anticipada y dehiscencia. Las semillas infectadas también pierden poder germinativo (Iriarte y Valetti, 2008b).

No se conoce la forma sexual de este patógeno, sobrevive como micelio o conidios en los residuos vegetales, malezas crucíferas, otros cultivos susceptibles o semillas infectadas. No se conocen cultivares que posean una resistencia durable (Formento et al., 2015).

Para el manejo se recomienda la prevención mediante la utilización de semillas sanas, ya que las semillas infectadas son la principal forma de diseminación de la enfermedad. Se deben elegir lotes que no hayan tenido cultivos de la familia de las crucíferas, y eliminar las malezas de la misma familia. En otros países se plantean estrategias de control químico (Formento, 2014a).

Plagas animales que atacan a la colza

Si bien no se han registrado plagas de gran importancia para el cultivo en Argentina, las características de algunas de ellas, su número y abundancia en otros países permite suponer que un crecimiento de la superficie cultivada podría incrementar los daños por insectos.

Los principales insectos que producen perjuicios en el cultivo de colza son la polilla de las coles (*Plutella xylostella* L.) y los pulgones, representados principalmente por el pulgón ceniciento (*Brevicoryne brassicae* L.) (Iriarte y Valetti, 2008b), y al que se suman *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) y *Myzus persicae* (Sulz.) (Ricci et al., 2011). Además, entre los lepidópteros debe considerarse a la polilla taladradora de las coles (*Hellula phidilealis* (Walker)), la isoca medidora (*Rachiplusia nu* (Guenée)) y la isoca de la alfalfa (*Colias lesbia*). Algunos coleópteros como el astilo de flancos rojos (*Astylus rubricostatus* (Germar)) y la vaquita de los repollos (*Caeporis stigmula* (Germar)) han sido también encontrados produciendo daños (Montero et al., 2007a; 2007b).

Plutella xylostella o **POLILLA DE LAS COLES**. El daño es producido por las larvas, que recién nacidas son de color blanco amarillento con la cabeza oscura y luego van tornando al verde claro y alcanzan los 10-12 mm de largo. Los huevos de este noctuido son de color amarillo pálido o verde claro y son colocados en el envés de las hojas, aislados o en grupos de a tres. Los huevos eclosionan a los 6 días aproximadamente y el estado larval dura de 10 a 12 días. El estado de pupa lleva 8 días y el de adulto 15 (Iriarte y Valetti, 2008b). La aparición de este insecto se relaciona con el aumento de las temperaturas al acercarse la primavera. Las larvas recién nacidas se introducen en las hojas, se alimentan del parénquima y luego de unos días se las encuentra en el envés de las hojas. Normalmente se alimenta de brotes tiernos, hojas y primordios florales, pero también puede consumir tallos y silicuas (Domiciano, 1998). Si el daño es en la superficie de las silicuas, afecta el normal crecimiento de las semillas. Montero et al. (2007b), mencionan que la polilla de las coles produce severas defoliaciones desde el estado vegetativo hasta la floración y según los trabajos realizados por Folcia y Bado (1996) en condiciones controladas, el 80% del consumo de hojas de este cultivo ocurre en el último estadio larval. El umbral de daño económico para este insecto es la presencia de 1 o 2 larvas por planta en el estado D1 a E (según la clave del CETIOM, 1978), o sea unos 15 días antes de la floración, para evitar los mayores daños que producen al consumir los primordios florales. Los umbrales pueden variar con el estado del cultivo, la etapa fenológica, la época del año, el costo del tratamiento, el rendimiento y la relación de precios insumo:producto. En nuestro país, para su control están registrados los insecticidas: clorantraniliprole+lambdacialotrina y lufenuron+profenofos.

El **PULGÓN CENICIENTO** (*Brevicoryne brassicae*) no ha sido relacionado con importantes pérdidas de rendimientos y sólo en algunos casos se plantea recurrir al control químico, el cual puede efectuarse sólo en los bordes de los lotes de cultivo si la infestación no llegó al centro de los mismos. Este insecto produce daños directos succionando savia, resultando en amarillamiento, marchitamiento y atrofia de los órganos reproductivos, pero también puede producir daños indirectos a través de la transmisión del virus del mosaico del nabo y del virus del mosaico de la coliflor (TerresInovia, 2020).

La dinámica reproductiva del pulgón ceniciento está relacionada con los aumentos de la temperatura en la primavera. Se lo encuentra primero en los ápices de las inflorescencias y, si las condiciones lo favorecen, se extiende también a las hojas (Domiciano, 1998). Produce daños por aborto de silicuas sobre todo en lotes de siembra tardía atacados en floración bajo condiciones de tiempo seco (Iriarte y Valetti 2008b). Si esta plaga se presenta durante el período de llenado de grano con silicuas completamente desarrolladas, los perjuicios serán menores (Domiciano y Santos, 1996). En condiciones climáticas favorables puede formar grandes poblaciones y, sobre todo cuando se presenta durante la floración, los perjuicios pueden ser considerables.

Para su control se recomiendan aplicaciones de insecticidas cuando se los detecta en un 25% de las inflorescencias o 2 colonias por metro cuadrado (Iriarte y Valetti, 2008b), aunque en la Argentina no hay ningún producto registrado para su control en colza.

A partir de la difusión de la siembra directa se han detectado daños producidos por **babosas** (*Deroceras reticulatum*) y **caracoles** (*Helix* sp) sobre todo en los primeros estados de crecimiento del cultivo. Para su control puede utilizarse metaldehído.

Otra clase de plagas animales que puede afectar al cultivo son las **aves granívoras**. Debido a la arquitectura de la planta de colza, las especies que la pueden afectar no son las palomas o cotorras, las cuales por su peso no pueden apoyarse en las silicuas para consumir los granos, sino que, en general, se trata de aves más pequeñas, como los estorninos (*Sturnus vulgaris*). Puntualmente, ha sido citado el misto (*Sicalis luteola*) produciendo daños en colza (Zacagnini, 1998). Si bien hasta el momento la magnitud de las pérdidas por las aves en colza no ha sido evaluada, es importante prestar atención a estas plagas debido a las dificultades que ofrecen para su manejo y control, y a que en condiciones que predispongan al daño pueden producir pérdidas significativas de rendimiento.

Las malezas y la colza

Las malezas pueden considerarse la adversidad de mayor importancia para la producción de colza. Las malezas, además de reducir los rendimientos por efecto de la competencia, interfieren en la cosecha e incorporan cuerpos extraños que producen descuentos en la comercialización.

Luego de la implantación, este cultivo posee un lento crecimiento, pero al llegar al estado de roseta compete con las principales malezas invernales sobre todo en implantaciones en época adecuada y con el logro de un buen stand de plantas.

Una consideración especial debe tenerse al tratar con malezas crucíferas como nabo (*Brassica rapa* = *B. campestris*), nabón (*Raphanus sativus*) y mostacilla (*Rapistrum rugosum*) por las complicaciones que presenta su control, por su crecimiento precoz y agresivo y por la incorporación de semillas de esas malezas al producto cosechado que incrementan los niveles de ácido erúxico y glucosinolatos.

El resto de las malezas latifoliadas invernales presentan dificultades para su control durante el ciclo de cultivo, pero existen herramientas de manejo que son útiles y alguna disponibilidad de herbicidas para su control. No existen registros de herbicidas para colza en el país, aunque sí hay experiencias de uso de varios productos en pre y post emergencia. Las malezas gramíneas pueden ser controladas por aplicaciones de graminicidas que brindan un adecuado control sin afectar al cultivo.

Las prácticas de manejo en los sistemas productivos agrícolas definen las situaciones con las que nos encontramos en la interacción cultivo-maleza. Así diversas prácticas pueden ser orientadas a regular los bancos de semilla y a ubicar el cultivo en situaciones que favorezcan su habilidad competitiva. De acuerdo con esto cobran real importancia la consideración de prácticas preventivas que evitan la presencia o la implantación de las malezas durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo. Algunas de estas prácticas son (Canola Council of Canada, 2021):

- Utilización de semilla libre de malezas.
- Elección de lotes con menor abundancia de malezas en el banco, en especial crucíferas, lo que puede lograrse mediante su manejo en las rotaciones o durante el barbecho.
- Utilizar tecnologías que favorezcan un rápido crecimiento inicial del cultivo como la correcta preparación del suelo, época y densidad de siembra, uso de semilla de alto vigor y variedades de rápido crecimiento inicial.

Un buen manejo de la fertilización es también una herramienta que permite manejar las malezas. En lotes con una variada diversidad de especies de malezas, Bezus et al. (2007) encontraron, una marcada supresión de su crecimiento cuando el cultivo de colza fue adecuadamente fertilizado con N y P, por lo que remarcaron la importancia de combinar una buena implantación y correcta fertilización en el manejo de las malezas. En estas condiciones, no sólo el cultivo mejoró su habilidad competitiva frente a las malezas, sino que éstas no respondieron a la aplicación de fertilizantes.

Por otro lado, la consideración de prácticas como rotaciones que permitan reducir el banco de propágulos de malezas es de gran importancia. Otras tecnologías orientadas en el sentido de mejorar la habilidad competitiva del cultivo son el uso de altas densidades dentro de las consideradas adecuadas, fechas de siembra que permitan el establecimiento del cultivo previo a las malezas, sistemas de siembra con distanciamientos menores para lograr una buena cobertura temprana del cultivo, siembras poco profundas y uso de semilla de alto vigor para lograr rápida emergencia. En este sentido la elección entre siembra con labranza o siembra directa debe combinarse con otras prácticas que favorezcan la implantación del cultivo. Un manejo adecuado de la fertilización y la protección ante enfermedades e insectos completan las

ventajas relativas que se buscan frente a las malezas. Por último, debe mencionarse el desarrollo primaveral de las malezas que se asocia no sólo al ciclo de crecimiento de las mismas sino también a una menor competencia por luz que ejerce el cultivo en este período ya que redujo fuertemente el área foliar en las últimas etapas de crecimiento. Estas malezas pueden generar problemas en la cosecha, pero además deben ser manejadas a fin de reducir su producción de semillas u otro tipo de propágulos.

Las malezas que más frecuentemente se asocian a este cultivo son: caapiquí (*Stellaria media*), ortiga mansa (*Lamium amplexicaule*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), manzanilla (*Anthemis cotula*), cien nudos (*Polygonum aviculare*), perejilillo (*Bowlesia incana*) y gramíneas anuales como setarias (*Setaria* spp.), raigrás (*Lolium multiflorum*) y avena guacha (*Avena fatua*). Ya se han mencionado, especialmente, las crucíferas que no pueden ser controladas una vez implantado el cultivo.

El control químico es posible mediante la utilización de herbicidas de presembrado (trifluralina, napropamida, metazaclor) y post-emergencia para latifoliadas (dicamba, picloram) o graminicidas (fluazifop-butil, haloxifop-metil, quizalofopmetil, etc) (Iriarte y Valetti, 2008b). Herbicidas como acetoclor, s-metolacloro y sulfentrazone pueden usarse en bajas dosis en preemergencia. En postemergencia, el clopiralid ofrece buena selectividad y amplía el espectro de control. Se ha evaluado también el carfentrazone en dosis bajas ($15\text{-}30\text{ cm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) siendo una opción para malezas difíciles (Gigón et al., 2014).

En Canadá existen variedades resistentes a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, de las sulfonilureas y a herbicidas como glifosato y glufosinato (Canola Council of Canada, 2021). En nuestro país se han introducido variedades con resistencia a imidazolinonas y triazinas. De todas maneras, esta tecnología presenta limitaciones de manejo sobre todo por los riesgos de adquisición de resistencia en las poblaciones de malezas.

Sin duda el control de malezas latifoliadas ofrece mayores dificultades por la necesidad de controlarlas en etapas tempranas del cultivo lo que trae aparejado riesgo de fitotoxicidad debiendo ajustarse adecuadamente las dosis y el momento de aplicación según el estado del cultivo y el tamaño y tipo de malezas.

Experiencias realizadas en el SO de Buenos Aires mostraron la importancia del control temprano de malezas comunes en el cultivo de colza en esa región y que la utilización de herbicidas de presembrado, preemergentes o postemergentes tempranos permitiría controlar un gran número de malezas problemáticas en los primeros estados de crecimiento del cultivo (Vigna et al., 2012).

Fertilización del cultivo

Los altos requerimientos nutricionales de la colza hacen que su cultivo difícilmente sea realizado sin necesidad de fertilización nitrogenada, fosforada y/o azufrada. Un buen manejo de la fertilización favorecerá el logro de altos rendimientos en semilla, de buena calidad, manteniendo la productividad del suelo y permitiendo un buen resultado económico del cultivo. Sin embargo,

la fertilización debe plantearse dentro de un buen manejo general del cultivo, ya que deficiencias en otros aspectos como por ejemplo la fecha de siembra o el control de malezas, repercutirán en el resultado del manejo nutricional.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA: El análisis de suelo permite tener una buena aproximación para diagnosticar la necesidad de fertilizar el cultivo. Se considera que si los niveles de N de nitratos del suelo (a 60 cm) son inferiores a $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, es esperable una respuesta a la fertilización (Figueroa, 1998). Una serie de ensayos llevados a cabo por Melchiori et al. (2010; 2012; 2014) registran respuesta a la fertilización con N hasta una disponibilidad (N del suelo a 60 cm + N del fertilizante) de aproximadamente $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Sin contradecir lo anterior, otros autores encontraron que el 90% del rendimiento relativo se obtuvo con disponibilidades de entre 100 y $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, dependiendo del material genético utilizado y el rendimiento potencial determinado por las condiciones particulares del sitio (Burzaco et al., 2013).

Para las colzas de invierno se ha desarrollado una metodología que hace uso de una relación conocida como “curva de dilución”, que indica para cada nivel de acumulación de materia seca total, el rango de N% adecuado. Esta curva permite calcular, usando el N% y la acumulación de materia seca de la colza en una situación particular, un índice que diagnostica si el cultivo está bien nutrido, en déficit o en exceso de nitrógeno. Esta curva aún no ha sido calibrada en nuestro país, ni para las colzas primaverales. Sin embargo, recientemente se ha avanzado en este sentido en Uruguay no sólo obteniendo una curva de dilución para el N sino también para el S (Ferreira y Ernst, 2014), que podrían ser aplicadas en nuestras condiciones agroecológicas.

Tratándose de un elemento móvil en el suelo, el N debería ser aplicado en forma fraccionada de acuerdo al patrón de absorción del cultivo (Burzaco et al., 2013). Por este motivo, sobre todo si la dosis a aplicar es alta, se recomienda dividirla en dos partes, una a la siembra y la otra al iniciar la elongación del tallo. Como la colza es muy sensible al N ubicado cerca de la semilla, debe tenerse especial cuidado en la localización del fertilizante, que debería ubicarse en un surco al costado y por debajo de la línea de siembra (sobre todo si se trata de urea o nitrato de amonio) y en la dosis, que no debería superar los $11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N si se aplica en la línea de siembra, o los $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ si se aplica al costado y debajo de la misma (Iriarte y Valetti, 2008c).

Una aplicación excesiva de N puede resultar en pérdidas de rendimiento por vuelco y dificultades en la cosecha, y en disminuciones de la calidad de la semilla por su menor contenido en aceite (Iriarte y Valetti, 2008c). Por otro lado, pueden hacer más susceptible el cultivo a patógenos como *Sclerotinia sclerotiorum* debido a la gran producción de materia seca que crea un microclima que favorece la infección y el desarrollo de la enfermedad.

FERTILIZACIÓN FOSFATADA: Se pueden esperar respuestas a la aplicación de P cuando los niveles de P extractable Bray Kurtz 1 no son mayores de 15 ppm (Burzaco et al., 2013). Estas respuestas, pueden ser importantes con dosis relativamente bajas de P debido al incremento del crecimiento radical en la zona de reacción del fertilizante (Grant y Bailey, 1993).

Al tratarse de un elemento no móvil, debe ser aplicado antes o en el momento de la siembra. En este último caso, para evitar efectos de fitotoxicidad, se recomienda aplicar el fertilizante en bandas o al menos a 5 cm de la línea de siembra (Burzaco et al., 2013). Si la aplicación se hiciera

en la línea de siembra, no debería superar los 45 kg.ha⁻¹ de fosfato monoamónico o los 30 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico (Melgar, 2013). Si la dosis necesaria es mayor, debería aplicarse una parte antes de la siembra (Grant y Bailey, 1993).

FERTILIZACIÓN AZUFRADA: Aunque un análisis de suelo puede aportar información acerca de la disponibilidad de S en el suelo, no se han encontrado buenas correlaciones entre este estimador y el rendimiento de la colza por lo cual no es utilizado para predecir su respuesta a la fertilización azufrada. Sin embargo, es sabido que las respuestas más frecuentes se dan en suelos arenosos, con bajos contenidos de materia orgánica, en lotes con larga historia agrícola o con falta de rotaciones adecuadas y/o con fertilizaciones desbalanceadas (Burzaco et al., 2013; Melgar, 2013). La posibilidad de utilizar el índice de nutrición azufrada (INS) propuesto por Ferreira y Ernst (2014) es interesante ya que es aplicable hasta el estado C1 del cultivo.

El momento de aplicación dependerá del fertilizante utilizado. El S elemental debe oxidarse para estar disponible para el cultivo por lo que deberá aplicarse antes de la siembra. En los fertilizantes que contienen S como sulfato el nutriente estará rápidamente disponible para el cultivo pudiendo, según la dosis requerida, hacerse una única aplicación en el momento de la siembra, o al inicio de la elongación del tallo, o bien dividida en ambos momentos. La movilidad de los sulfatos en el suelo debe ser considerada ya que una dosis excesiva o un momento inoportuno de aplicación podrían conducir a su lixiviación (Burzaco et al., 2013; Melgar, 2013).

La fertilización con S no sólo puede mejorar los rendimientos sino también la calidad de la semilla. Si el S está en deficiencia, es incompleta la síntesis de proteínas debido a la falta de aminoácidos azufrados. En este caso, el suministro de S aumenta el contenido proteico y disminuye el contenido de nitrógeno no proteico de la semilla. Por otro lado, si la dosis de S es excesiva o no está balanceada con la disponibilidad de nitrógeno, se producirán otros compuestos azufrados en lugar de aminoácidos, entre los cuales se encuentran los glucosinolatos, desmereciendo la calidad de la semilla. Esta última respuesta tiene un fuerte componente genético, siendo normal en los cultivares de colza tradicionales, y existiendo cultivares de canola o colza 00 que tienen mayor o menor tendencia a incrementar su tenor de glucosinolatos (Grant y Bailey, 1993; TerresInovia, 2020).

FERTILIZACIÓN COMBINADA: la fertilización no sólo debe corregir deficiencias de nutrientes, sino también la relación entre ellos. Según el Canola Council of Canada (2021), para la colza, por cada 5 partes de N, debería haber 2,4 partes de P₂O₅, 4 partes de K₂O y 1 parte de S.

En nuestro país, la interacción más estudiada ha sido entre el N y el S. Si bien, no en todos los sitios se ha encontrado respuesta a la fertilización azufrada, cuando esta se registró normalmente, mejoró la eficiencia de uso del N, incluso, la respuesta a este nutriente continuó registrándose a dosis de aplicación más altas que cuando se aplicó solo (Melchiori et al., 2010; Fontanetto et al., 2011; Ferraris et al., 2014; Melchiori et al., 2014; Alaluf et al., 2018). Esta interacción N x S también se dio en el sentido inverso, es decir, cuando la condición del lote era deficitaria en S, la fertilización con N produjo reducciones de los rendimientos ya que magnificó la deficiencia de S (Melchiori et al., 2010).

Cosecha y comercialización de colza

En la cosecha de colza se deben considerar algunos aspectos especiales para que no se produzcan pérdidas significativas en la operación. Primero debe considerarse el tamaño de la semilla y su forma, que obligan al cuidado en el sellado de la maquinaria de cosecha y traslado cuando no se dispone de cosechadoras y vehículos de transporte adecuados. En segundo lugar, la elección del momento de inicio de la cosecha es dificultada por la desuniformidad de la maduración natural de las plantas. Hay que tener en cuenta que normalmente transcurren alrededor de 20 días entre la maduración de los frutos de las primeras flores del tallo principal y los últimos en las ramificaciones. A dicha desuniformidad se suma la dehiscencia natural de los frutos. Estas características requieren una rigurosa definición del momento de cosecha para evitar importantes pérdidas por desgrane.

Un buen ajuste del momento de cosecha debe contemplar evitar bajas en el rendimiento por una cosecha anticipada que resulten de un menor peso de las semillas de las ramificaciones secundarias y, al mismo tiempo, debe evitar bajos rendimientos por una cosecha tardía que genere pérdidas de semillas por desgrane de las silicuas más maduras.

Para llegar a la maduración con un cultivo en condiciones favorables para una adecuada cosecha son importantes las prácticas de manejo como la elección del lote, calidad de la implantación y manejo de malezas. En lotes desuniformes en relieve y fertilidad pueden producirse desfasajes en el desarrollo de los diferentes sectores contribuyendo a la desuniformidad natural de maduración. El logro de una adecuada densidad y uniformidad contribuyen a la uniformidad de las plantas en la cosecha. Tener un cultivo con un buen control de malezas no sólo reducirá las pérdidas por competencia, sino que también facilitará la operación de cosecha.

La cosecha puede planificarse mediante la utilización de dos sistemas (Iriarte y Valetti, 2008d):

a- **CORTE E HILERADO Y POSTERIOR TRILLA:** se aconseja cuando el lote tiene maduración desuniforme por las características del lote o está enmalezado debido a problemas en la uniformidad de implantación o por problemas en el manejo del cultivo.

El sistema consiste en cortar e hilar el cultivo cuando el grano tiene entre un 25 y 35% de humedad y dejarlo a campo hasta llegar a 9-12% de humedad. El máximo peso de mil granos se logra cuando éstos alcanzan un 35% de humedad (madurez fisiológica) lo que en cada fruto se logra aproximadamente a los 22 días de la antesis y en el cultivo demanda de 28 a 32 días. No es recomendable realizar el corte con menos de 25% de humedad pues aumentan los riesgos de pérdidas por desgrane.

Para reconocer el momento óptimo de corte y con el cultivo aún de color verde, el racimo principal tendrá en el tercio inferior semillas color pardo a negro (20-30% de humedad), en el medio verdes con un 10% comenzando a colorearse (30-40% de humedad) y en el tercio superior las semillas estarán verdes pero firmes (40-45% de humedad) (Figura 6.4).

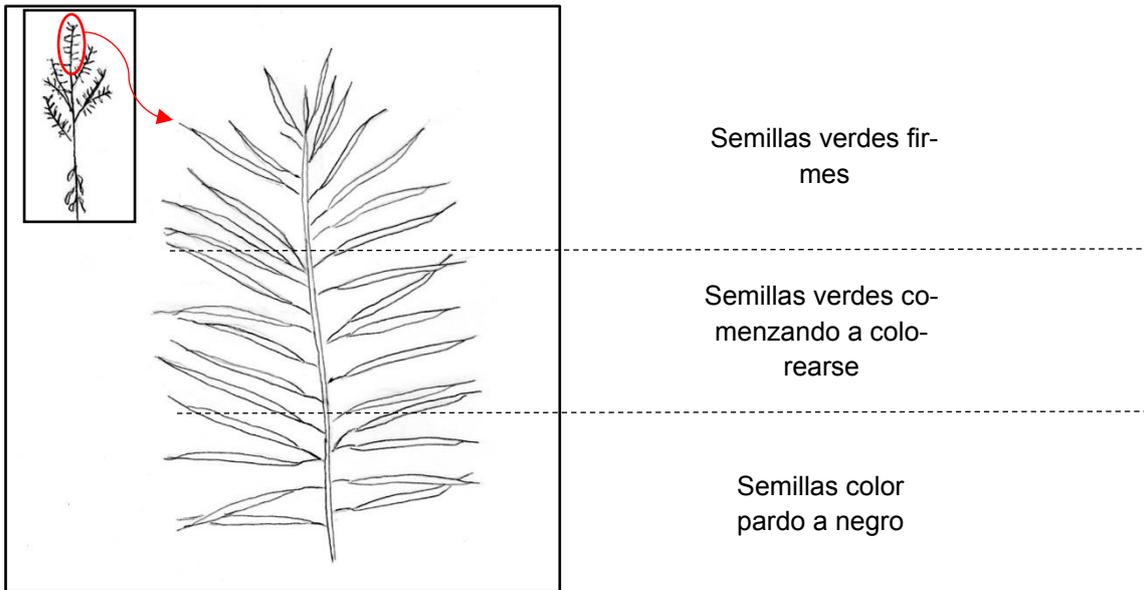


Figura 6.4: Determinación del momento de corte de colza.
Adaptado de Canola Council of Canada (2021)

Se recomienda usar hileradora de descarga central pues presenta la ventaja de que el material cortado realiza un menor recorrido. La altura de corte será la máxima posible, siempre cortando por debajo de la silicua más cercana al suelo, esto permite que el material cortado quede apoyado sobre los tallos sin contacto con el suelo facilitando el aireado y reduciendo la entrada de material verde (tallos) a la cosechadora. Transcurridos 6-7 días soleados desde el hilerado y cuando la semilla tenga un contenido de humedad 9-10% puede procederse a la trilla. La ocurrencia de lluvias después del hilerado produce aumentos en las pérdidas por desgrane durante la recolección (Iriarte y Valetti, 2008d).

b- **COSECHA DIRECTA:** este tipo de cosecha requiere que más del 90% de las plantas se encuentren en madurez completa (silicuas pardo claro), pero para evitar pérdidas, la humedad del grano no debe ser menor al 16%. Se pueden usar desecantes si la madurez de los granos es desuniforme o si existe en el lote alta densidad de malezas verdes. La aplicación se debe hacer cuando el 90% de los granos alcanzaron su madurez fisiológica. Esto permite adelantar la cosecha entre 6 y 8 días, según las condiciones climáticas imperantes. El uso de desecantes puede resultar en un mayor porcentaje de semillas verdes lo que no es deseable para la producción de aceite (Iriarte y Valetti, 2008d).

La cosecha sin uso de desecantes es lo más aconsejable en una situación normal pues permite cosechar con menos pérdidas y obtener mejor calidad de producto con menor costo.

La comercialización se rige por la Norma VIII – S.A.G.yP. 1075/94 (Tabla 6.4), y se realiza a través de las empresas proveedoras de semillas o bien de acopiadores.

Tabla 6.4: Norma de calidad para la comercialización de colza doble 00/Canola

Rubros	Base	Tolerancia de recibo	Bonificaciones	Rebajas
Por cada % o fracción proporcional				
Contenido de materia grasa S.S.S.y L.⁽¹⁾	43%	-	Para valores superiores a 43% a razón de 1%	Para valores menores a 43% a razón de 1%
Acidez de la materia grasa	1%	1,50%	No corresponde	Para valores superiores a 1% y hasta 1,5% a razón de 2,5%. Para valores superiores a 1,5% a razón de 5%
Cuerpos extraños	-	5%	No corresponde	Hasta tolerancia de recibo a razón de 1%. Para valores superiores a 5% a razón de 1,5%
Humedad	8,50%	-	No corresponde	(2)
Ácido erúxico	-	2%	No corresponde	Para contenidos superiores a 2% a razón de 2 puntos
Glucosinolatos	-	20% ⁽³⁾	No corresponde	Para contenidos superiores a 20% a razón de 1 punto por cada micromol en exceso

LIBRE DE INSECTOS Y ARÁCNIDOS VIVOS.

(1) Sobre sustancia seca y limpia.

(2) Cuando la mercadería exceda la base de humedad (8,5%) se descontará merma correspondiente de acuerdo a las tablas establecidas por el IASCAV y que forman parte de la presente Norma de Clasificación.

(3) En micromoles por gramo de grano base 8,5% de humedad.

Referencias

- Alaluf, C., De Battista, J. J., Dobler, L., Rampoldi, I., Gastán, D., Arlettaz, N. y Sittoni, F. (2018). Respuesta a la fertilización NS en el cultivo de colza-canola en el centro-este de Entre Ríos. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 31, 28-31.
- Bezus, R., Chamorro, A. M., Tamagno, L. N., Petruccelli, V. G., Appella, C. y Gribaldo, A. (2007). La época de siembra, la elección del cultivar y la fertilización nitrogenada como alternativas de manejo de malezas latifoliadas en colza-canola. *Quinta Reunión de Producción Vegetal y*

- Tercera de Producción Animal del NOA*. San Miguel de Tucumán. Recuperado de: <http://www.faz.unt.edu.ar/index.php/publicaciones/pva-1998-2011/2007>
- Burzaco, J. P., Ciampitti, I. A. y García, F. O. (2013). Mejores prácticas de manejo para la nutrición del cultivo de Colza-Canola. *Archivo Agronómico* N°13, 1-8. IPNI. Recuperado de: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/re-gion/lacs.nsf/0/5751B09C6A6E7F2103257967004A184C/\\$FILE/AA%2013.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/re-gion/lacs.nsf/0/5751B09C6A6E7F2103257967004A184C/$FILE/AA%2013.pdf)
- Canola Council of Canada. (2006). *Canola Growers*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/>
- Canola Council of Canada. (2021). *Canola Encyclopedia*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia>
- CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains. (1978). *Colza d'hiver. Cahier Technique*. Paris, CETIOM.
- Coll, L. (2013). Las últimas heladas y su efecto en el cultivo de Colza. Informe INTA Paraná. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/las-ultimas-heladas-y-su-efecto-en-el-cultivo-de-colza>
- Domiciano, N. L. (1998). Principais pragas, época de ocorrência e controle no cultivo da cañóla no estado do Paraná. *Resumos do 17º Congresso Brasileiro de Entomologia*. Rio de Janeiro.
- Domiciano, N. L. y Santos, B. (1996). Pragas da cañóla. Bases preliminares para manejo no Paraná. Instituto Agronómico do Paraná. *Informe da pesquisa N°120. Boletim Técnico N°*. 35. Paraná, Brasil.
- Ferraris, G. N., Couretot, L. A. y Urrutia, J. (2014). Respuesta del cultivo de colza a nitrógeno, azufre y boro en dos espaciamientos y su impacto residual en soja de segunda. Campaña 2012/13. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_respuesta_del_cultivo_colza_a_nitrgeno_azufre_.pdf
- Ferreira, G. y Ernst, O. (2014). Diagnóstico del estado nutricional del cultivo de colza (*Brassic napus*) en base a curvas de dilución de nitrógeno y azufre. *Agrociencia Uruguay*, 18 (1), 75-85.
- Figueroa, M. M.(1998). Colza–canola: En: Melgar, R., Díaz-Zorita, M. (Ed). *La fertilización de cultivos y pasturas*. (147-152). Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.
- Folcia, A.M. y Bado, S.G. (1996). Aspectos morfológicos, biológicos e ingesta de *Plutellaxylostella* (L.) (*Lepidoptera: Plutellidae*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 16 (3), 173-178.
- Fontanetto, H., Gianinetto, G., Weder, E., Gambaudo, S., Sillón, M. y Boschetto, H. (2011). Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en la región central de Santa Fe. *Publicación Miscelánea N° 119*. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Recuperado de: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/119/82_misc119.pdf
- Forján, H. J., Manso, M. L. e Iriarte, L. (2014). Inclusión de colza en sistemas productivos bajo siembra directa en el sur de la región pampeana argentina. *1º Simpósio Latino Americano de Canola*. Passo Fundo, RS, Brasil. 5pp. Recuperado de: <http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Forjan%20%20%20-%20Inclusion%20de%20colza...%20pampeana%20Argentina.pdf>
- Forján, H. e Iriarte, L. (1998). Influencia de la historia del lote y el cultivo antecesor sobre el rendimiento y algunos parámetros de calidad en colza. En: *III Reunión Nacional de Oleaginosos*. Bahía Blanca. Actas, 205-206.

- Forján, H. y Manso, L. (2008). La inclusión de colza en el sistema de producción. En: Iriarte, L., Valetti, O. (Ed.) *Cultivo de colza*. (41-48). Tres Arroyos, INTA.
- Formento, A. N. (2014a). *Manual de enfermedades de colza (Brassica napus). Reconocimiento, diagnóstico y manejo*. Paraná, INTA.
- Formento, A. N. (2014b). Informe N°11. Cultivos de invierno. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-informe_n11_cultivos_de_invierno_colza_2014.pdf
- Formento, A. N., Velazquez, P.D. y Coll, L. (2015). Comportamiento sanitario de cultivares y líneas avanzadas de colza (*Brassica napus*). Año 2014. INTA EEA Paraná. Serie Extensión 77, 103-112. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-comportamiento_sanitario_colza_cultivares_y_ln.pdf
- Gigón, R., Apella, C. e Istilart, C. (2014). Evaluación de herbicidas en el cultivo de colza. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_evaluacin_de_herbicidas_en_el_cultivo_d.pdf
- Grant, C. A. y Bailey, L. D. (1993). Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 615-670.
- Iglesias, J. M., Brieva, S. y Ceverio, R. (2017). Semillas de colza y cebada: estrategias de mejoramiento y comercialización de nuevos cultivares en Argentina (2004-2014). *Ciencias Agronómicas - Revista XXIX - Año 17*, 44-54.
- Iriarte, L. (2021). Colza: pasado, presente y futuro de un cultivo promisorio. Capacitación del Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica (CPIA), 27 de abril de 2021. Recuperado de: http://conferencias.cpia.org.ar/auditorio_invitado.php?video=QYQNufyjYZ0
- Iriarte, L. y Valetti, O. (2008a). Tecnología del cultivo. En: Iriarte, L., Valetti, O. (Ed.) *Cultivo de colza*. (55-67). Tres Arroyos, INTA.
- Iriarte, L. y Valetti, O. (2008b). Malezas, plagas y enfermedades. En: Iriarte, L., Valetti, O. (Ed.) *Cultivo de colza*. (87-106). Tres Arroyos, INTA.
- Iriarte, L. y Valetti, O. (2008c). Nutrición del cultivo. En: Iriarte, L., Valetti, O. (Ed.) *Cultivo de colza*. (69-75). Tres Arroyos, INTA.
- Iriarte, L. y Valetti, O. (2008d). Cosecha de colza (actualización manual Propeco). En: Iriarte, L., Valetti, O. (Ed.) *Cultivo de colza*. (117-146). Tres Arroyos, INTA.
- Manso, L. y Forján, H. (2016). La materia orgánica del suelo. En: Forján, H., Manso, L. (Ed.) *Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense. 30 años de experiencias*. (34-40). Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_rotaciones_y_secuencias_de_cultivos_en_la_region_mixta_cerealera_del_centro_sur_bonaerense.pdf
- Melchiori, R. J. M., Coll, L., Barbagelata, P. A. y Pautasso, J. M. (2014). Respuesta a la fertilización con nitrógeno y azufre en el cultivo de colza. *1° Simposio Latino Americano de Canola*. Passo Fundo, RS, Brasil. Recuperado de: [http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Melchiori%20-%20Melchiori%20-%20RESPUESTA%20A%20LA%20FERTILIZACION%20%20\(1\).pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Melchiori%20-%20Melchiori%20-%20RESPUESTA%20A%20LA%20FERTILIZACION%20%20(1).pdf)
- Melchiori, R.J.M, Barbagelata, P. A. y Coll, L. (2010). Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en Entre Ríos. En: *Actualización Técnica N°1. Cultivos de invierno* (91-97). INTA EEA Paraná.

- Recuperado de: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-fertilizacin-de-colza-con-nitrgeno-y-azufre-en-e.pdf>
- Melchiori, R.J.M., Coll, L. y Barbagelata, P. A. (2012). Diagnóstico de la fertilización con nitrógeno y azufre para el cultivo de colza en Entre Ríos. *XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata.
- Melgar, R. (2013). Manejo de la fertilización de la colza. Un cultivo en ascenso. *Fertilizar*, 26, 18-23.
- Montero, G., Vignaroli, L., Cavaglia, S. y Lietti, M. (2007a). Colza, algo nuevo en la región. *Agromensajes*, 22, 11.
- Montero, G., Vignaroli, L. y Lietti, M. (2007b). La “polilla de las coles” principal plaga de la colza en el sur de Santa Fe. *Agromensajes*, 23, 34-44.
- Ricci, M., Vasicek, A., López, C., Culebra Mason, S., La Rossa, R., Paglioni, A., Chamorro, A. y Sgarbi, C. (2011). Parámetros biológicos y demográficos de áfidos (*Hemiptera: Aphididae*) en variedades de colza canola (*Brassica napus* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* (43) 2, 91-102.
- TerresInovia (2020). *Guide de culture. Colza 2020*. Recuperado de: <https://www.terresinovia.fr/home>
- Velazquez, P. D. (2019). Colza: comportamiento de cultivares a enfermedades durante el año 2018, en Paraná (Entre Ríos). INTA EEA Paraná. Serie Extensión 84, 52-58. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_ser-exten_84_2019_velazquez_p_52-58.pdf.
- Velazquez, P. D. y Formento, A. N., Coll, L. (2016a) La podredumbre negra o mancha en “V”, principal enfermedad de la colza en Entre Ríos. Hoja informativa INTA. Serie Notas técnicas. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hoja_informativa_colza_velazquez_et_al-2016.pdf
- Velazquez, P. D., Formento, A. N. y Coll, L. (2016b) Los cultivares de colza y el oídio. Hoja informativa INTA. Serie Notas técnicas. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hoja_informativa_colza_velazquez_et_al-2016.pdf
- Vigna, M. R., Gigon, R., Vallati, A., Robledo, M. y López, R. L. (2012). Posibilidades de control químico de malezas en el cultivo de colza (*Brassica napus* L.) en el SO de Buenos Aires. *XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas*. Potrero de Los Funes. Actas, 209. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_bordenave_-_control_quimico_de_malezas_en_colza.pdf
- Zacagnini, M. E. (1998). Identificación de especies de aves perjudiciales a la agricultura. En: Rodríguez, E. N. y Zacagnini, M. E. (Ed.) *Manual de capacitación sobre manejo integrado de aves perjudiciales a la agricultura* (31-33). Recuperado de: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/Manual_de_capacitacion_sobre_manejo_integrado_de_aves_perjudiciales_a_la_agricultura.pdf

CAPÍTULO 7

Morfología y ecofisiología del cultivo de cártamo

Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus

Ubicación sistemática y origen del cártamo

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertenece a la familia de compuestas o Asteraceae, subfamilia Tubuloideae, tribu Cardueae. En esta especie se han determinado dos variedades botánicas, *C. tinctorius* var. *typicus* caracterizada por la presencia de espinas, y *C. tinctorius* var. *inermis*, que no las posee. Esta oleaginosa es conocida con varios nombres comunes como falso azafrán, alazor, azafranillo, los cuales indican el uso alternativo de sus flores como colorante rojizo (Montoya Coronado, 2010).

Se considera que el cártamo sería originario del centro oeste de Asia y del Mediterráneo (López-González, 1989), con importantes centros de diversidad genética en Etiopía y la India. Es uno de los cultivos más antiguos, se han encontrado semillas de cártamo en tumbas egipcias de más de 4000 años de antigüedad y se ha informado de su uso en China hace aproximadamente 2200 años (Montoya Coronado, 2010).

Descripción morfológica

El cártamo es una planta anual, herbácea y erecta de gran parecido con los cardos, muy ramificada, principalmente en la parte superior, pudiendo encontrarse ramificaciones secundarias y terciarias (Figura 7.1). Su altura es variable entre los 20 y los 150 cm. El tallo es glabro o subglabro y su color varía entre el verde claro y el amarillento. Las hojas son coriáceas, elíptico-lanceoladas, variando su tamaño según la posición en el tallo, de 6 a 15 cm de largo y 1,5 a 5 cm de ancho. Pueden ser enteras o espinoso dentadas y sésiles o con un corto pecíolo. Las dos primeras son opuestas y las siguientes, alternas. Según la variedad botánica, serán glabras o presentarán numerosas espinas. A pesar de esto, normalmente las hojas basales no poseen espinas y las superiores, cuando la planta empieza a ramificar, desarrollan espinas, al igual que las brácteas de las flores. El número de hojas en el tallo principal puede variar entre 25 y 45 dependiendo de las condiciones de crecimiento. La raíz, sin limitaciones en el suelo, es pivotante y puede profundizar entre 2 y 3 m, y presenta también numerosas raíces finas horizontales (DeLucchi, 2002; Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; Flemmer et al., 2014; GRDC, 2017).

En el extremo de cada ramificación se encuentra una inflorescencia solitaria ovoide (capítulo) de 2 a 5 cm de diámetro, rodeada por un involucro pluriseriado con brácteas espinosas (Figura 7.1). Las brácteas externas son foliáceas, las medianas con la porción inferior entera y la superior dentada, con espinas en los bordes y el ápice, algo más pequeñas que las anteriores, y las brácteas internas, más pequeñas aún, oblongo-lanceoladas, enteras y normalmente con espinas sólo en el ápice (Delucchi, 2002; Flemmer et al., 2014). Según las variedades y las condiciones de crecimiento, una planta puede tener entre 3 y más de 50 capítulos. Dentro del capítulo se disponen entre 20 y 180 flores de cáliz reducido a pelos (papus) y corola tubulosa profundamente pentalo-bulada, de color rojizo, naranja, amarillo o blanco según las variedades. Son hermafroditas y su evolución dentro del capítulo es centripeta. El androceo, constituido por cinco estambres, es sinantéreo y el gineceo posee un ovario ínfero, bicapelar y uniovulado. En la planta, la floración se inicia en el capítulo del tallo principal y luego, sucesivamente, en las ramificaciones primarias, secundarias y terciarias. El cártamo es una planta autógama, con un grado de fecundación cruzada que no alcanza al 10%. El fruto es una cipsela, comúnmente llamado aquenio, de pericarpio blanco cremoso brillante (Figura 7.1), aunque algunas variedades pueden presentar tonalidad púrpura, gris, e incluso ser blanco con rayas grises claras. El papus puede o no ser persistente. En el momento de cosecha, cada capítulo puede contener entre 15 y 50 aquenios. El peso de mil aquenios varía entre 25 y 50 g. En el aquenio, el pericarpio puede representar entre el 33 y el 60% del peso del fruto, y la semilla es la que contiene la materia grasa. El contenido de materia grasa del fruto varía entre 20 y 45% (Rivas y Matarazzo, 2009; Fernández, 2016; GRDC, 2017; OECD, 2020).

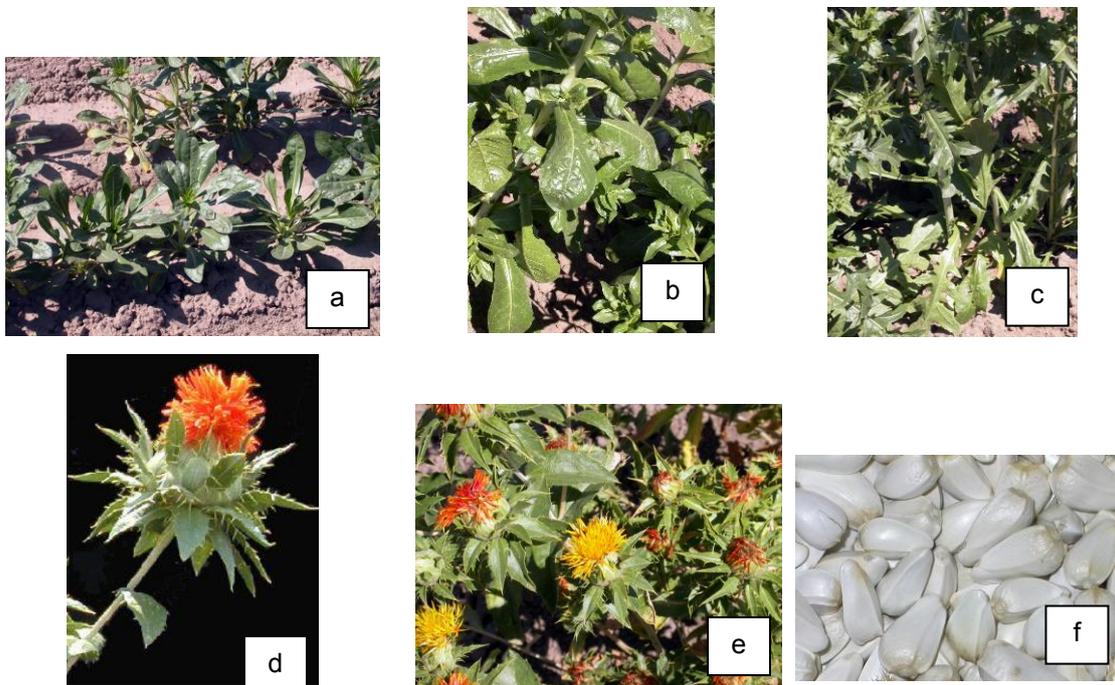


Figura 7.1: Imágenes de plantas y frutos de cártamo

a) cultivo iniciando la elongación, b) cultivo con ramificaciones, c) capítulos visibles, d) detalle de un capítulo con su involucro foliáceo espinoso, e) planta con capítulos en distintos estados de desarrollo, f) aquenios de cártamo.

Fuente: V. L. Bradley, SAFFLOWER GENETIC RESOURCES HOMEPAGE Image Gallery <http://safflower.wsu.edu/Images>

Crecimiento y desarrollo del cultivo

De manera muy general, el ciclo del cultivo del cártamo se puede dividir en seis etapas: la primera etapa es la **implantación**, que inicia en la siembra y finaliza con la aparición del primer par de hojas verdaderas. Luego sigue la etapa de **roseta**, en la cual aparecen y se desarrollan sucesivamente las hojas que permanecen a ras del suelo porque los entrenudos no se alargan. Le sigue la etapa de **elongación** del tallo y luego una de **ramificación**, en la cual, paralelamente se va desarrollando, en el ápice de cada tallo, un capítulo. La siguiente etapa es la **floración**, seguida por la etapa de **fructificación y maduración** (Mündel et al., 2004; GRDC, 2010; 2017).

Esta descripción general es de gran utilidad para conocer cómo crece el cártamo, sin embargo, a los efectos del manejo, por ejemplo, determinar el momento de aplicación de plaguicidas o fertilizantes, es necesario tener mayores precisiones en relación al estado de desarrollo del cultivo. Con este objetivo, en otras especies se han desarrollado claves fenológicas que son de uso generalizado. Sin embargo, el cártamo, aun cuando es un cultivo muy antiguo y de gran potencial, no cuenta todavía con gran difusión, ni en la Argentina ni a nivel mundial, motivo por el cual no hay una clave de uso generalizado para la descripción de sus estados fenológicos.

Recientemente, Flemmer et al. (2014) han realizado una descripción de los estados fenológicos del cártamo de acuerdo a la escala del BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie, Instituto Federal de Biología, Oficina Federal de Variedades Vegetales e industria química). El BBCH es un grupo de trabajo interdisciplinario que propuso una escala para describir la fenología de distintos cultivos y malezas con una codificación y metodología similar pero adaptada a cada especie. Los autores mencionados, argentinos, la ajustaron para el cártamo utilizando ensayos realizados en Bahía Blanca. Esta descripción se presenta en la tabla 7.1.

Como se puede observar, esta clave va tomando en cuenta el desarrollo de los distintos órganos de la planta, y particularmente en el caso del cártamo, no siguen ordenadamente la forma en que este cultivo se desarrolla. Además, algunos de los estados se superponen entre sí, por lo cual, para definir el estado fenológico se deberá tomar en cuenta el órgano de mayor interés. Por ejemplo, la elongación de los tallos, la ramificación del tallo principal y el desarrollo del capítulo se superponen. Dado que el capítulo es el órgano cosechable, es el de mayor importancia y aunque aún se esté elongando el tallo principal, en cuanto pueda observarse el inicio de la formación del capítulo, aunque esté escondido entre las hojas, se registrará el estado 50, correspondiente al inicio de formación del capítulo. Otra opción es registrar ambos estados separados por una línea diagonal (por ejemplo: 55/23).

Tabla 7.1: Estados fenológicos del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) de acuerdo a la escala BBCH (Flemmer et al., 2014)

Código	Descripción
Estado principal 0: Germinación.	
00	Semilla seca
05	Radícula emergida de la semilla
09	Emergencia: cotiledones emergiendo a través de la superficie del suelo
Estado principal 1: Desarrollo de hojas (en el tallo principal)	
10	Cotiledones completamente desplegados
12	2 hojas desplegadas (primer par de hojas simples y opuestas)
13	3 hojas desplegadas (tercera hoja y siguientes, simples y alternas)
1.	Los estados continúan hasta...
19	9 o más hojas desplegadas (estado de roseta)
Estado principal 2: Ramificación (en el tallo principal)^a	
20	No hay ramificaciones.
21	Primera ramificación visible.
22	2 ramificaciones visibles.
23	3 ramificaciones visibles.
2.	Los estados continúan hasta...
29	9 o más ramificaciones visibles.
Estado principal 3: Elongación del tallo (del tallo principal).	
30	Inicio de elongación del tallo: no hay entrenudos visibles (roseta).
31	1 entrenudo visiblemente elongado.
32	2 entrenudos visiblemente elongados.
33	3 entrenudos visiblemente elongados.
3.	Los estados continúan hasta...
39	9 o más entrenudos visiblemente elongados.
Estado principal 5: Emergencia del capítulo (en el tallo principal).	
50	Inicio de formación del capítulo, aún encerrado entre hojas.
55	Capítulo claramente separado de las hojas más jóvenes.
59	Brácteas foliáceas del involucre morfológicamente diferentes: externas, centrales e internas diferenciables.

Estado principal 6: Floración (en el tallo principal)	
61	Inicio de floración: primeras flores abiertas (porción superior de las flores emerge a través de las brácteas)
65	50% de flores abiertas.
67	70% de flores abiertas.
69	90% de flores abiertas: fin de floración.
Estado principal 7: Desarrollo del capítulo y los frutos (en el tallo principal)	
71	El capítulo empieza a expandirse a medida que los frutos se desarrollan.
75	El capítulo y los frutos alcanzan el 50% del tamaño final.
79	El capítulo y los frutos alcanzan su tamaño final: todas las flores están marchitas y decoloradas ^b .
Estado principal 8: Maduración del capítulo y los frutos (en el tallo principal).	
81	Las brácteas del involucro empiezan a tornarse amarillas.
83	30% del área del capítulo está amarilla
85	50% del área del capítulo está amarilla
87	70% del área del capítulo está amarilla: los frutos alcanzan la madurez fisiológica
89	90% o más del área del capítulo está amarilla: los frutos maduran completamente y está listos para la cosecha
Estado principal 9: Senescencia (en la planta entera)	
91	10% de las hojas están amarillas
95	50% de las hojas están amarillas
97	100% de las hojas y la mayoría de los capítulos están amarillos
99	Post cosecha o tratamientos de almacenamiento

^a La elongación del tallo usualmente ocurre antes del estado 21, en este caso continúa con estado 30.

^b El estado 81 puede ocurrir antes que el estado 79. En este caso continúa con el estado principal 81.

A continuación, se describen las distintas etapas de crecimiento del cártamo.

Implantación

La germinación del cártamo es epígea, al igual que en la colza o el lino. El período desde la siembra hasta el estado 10 (cotiledones desplegados) puede durar entre una semana y 24 días según las condiciones de temperatura y humedad del suelo. Las bajas temperaturas retrasan la emergencia incrementando la probabilidad de daños por insectos o enfermedades pudiendo afectar el logro del primer componente del rendimiento: número de plantas por unidad de superficie (Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; Flemmer et al., 2014; GRDC, 2017).

Roseta

Las dos primeras hojas en aparecer son simples y opuestas mientras que las siguientes son alternas. A los fines de la clave fenológica se contabilizan cuando tienen 4 cm o más de largo. Durante esta etapa, el crecimiento del cultivo es lento, lo cual le otorga una baja capacidad para competir con las malezas. Sin embargo, mientras que el crecimiento aéreo es lento, se produce un importante crecimiento de la raíz pivotante que alcanza grandes profundidades si el suelo lo permite. La capacidad de exploración de su sistema radical es la que le posibilita sobrevivir y producir en condiciones de baja humedad y fertilidad (Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; Flemmer et al., 2014; GRDC, 2017). Normalmente se dice que el cultivo está en roseta cuando ya se han desarrollado algunas hojas, lo cual se logra entre 20 y 40 días después de la emergencia (Lang, 2011; Ramonda et al., 2019). Unos 10 a 20 días más tarde se inicia la elongación del tallo, por lo que la etapa desde la emergencia del cultivo hasta el final de la roseta dura entre 30 y 60 días, dependiendo principalmente de la fecha de siembra (Lang, 2011; Ramonda et al., 2019).

Elongación del tallo y ramificación

La elongación del tallo empieza cuando se hace visible el primer entrenudo de al menos 5 mm de longitud. Normalmente aparecen al menos 9 entrenudos (estado 39) antes de la emergencia del capítulo en su extremo (estado 50). Sólo después se inicia la aparición de las ramificaciones, las cuales se contabilizan cuando tienen al menos 1 cm de longitud. Las primeras ramificaciones aparecen en los nudos superiores del tallo principal y luego van apareciendo sucesivamente en los nudos más bajos, hasta una altura de aproximadamente 30 cm (Flemmer et al., 2014).

Por lo tanto, durante esta etapa, se producen simultáneamente la elongación de los entrenudos, la ramificación y el desarrollo de los capítulos. Inicialmente, al estar encerrados dentro de las brácteas del involucre, los capítulos no pueden ser observados a simple vista. En el tallo principal, esto se registra aproximadamente a los 70 días de la siembra, cuando la planta tiene unas 20 hojas desplegadas (estado 50). A los 90 días puede observarse el capítulo pues se separa de las hojas (estado 55), en este estado, el número de flores del capítulo ya está fijado (Flemmer et al., 2014; Konradsen, 2020).

Como cada una de las ramificaciones porta un capítulo, es importante lograr un adecuado número de ramificaciones a fin de obtener buenos rendimientos. Una fecha de siembra temprana permite una duración del ciclo tal que favorece la formación de una buena roseta y de un alto número de ramificaciones (Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; Flemmer et al., 2014; GRDC, 2017).

Entre el inicio de la elongación y el inicio de floración transcurren aproximadamente 60 días más (Lang, 2011; Ramonda et al., 2019).

Floración

El estado 61 es el que marca el inicio de floración, el cual se reconoce por la aparición de la parte superior de las flores tubulares por encima de las brácteas del involucre. Esto ocurre alrededor de los 106-115 días luego de la siembra. Cuando se inicia la floración, la elongación del

tallo principal y las ramificaciones se ha completado y se alcanzó la altura máxima de la planta. La floración se inicia en el círculo externo del capítulo, pero no es posible observar cómo procede sin hacer disección del mismo debido a que están encerradas dentro del involucre. Es decir, en este estado, a simple vista, sólo puede observarse la parte superior de las flores. La floración se inicia en el tallo principal y, sucesivamente, en las ramificaciones, primarias, secundarias y terciarias, si las hubiera. En cada capítulo la floración dura alrededor de una semana, pero a nivel de cultivo, puede durar 4 semanas o más. Al final de la floración (estado 69), las flores se mantienen aún de color amarillo y las brácteas, verdes (Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; Flemmer et al., 2014).

Fructificación y maduración

El capítulo empieza a expandirse a medida que los frutos crecen en su interior. Las flores empiezan a tomar coloración naranja o rojiza, en el mismo orden en que fueron abriéndose. La evolución de los frutos no puede observarse directamente, sin disección del capítulo ya que están dentro del involucre, pero se acepta que en el estado 79, cuando las flores están marchitas y decoloradas (en naranja o rojo) y las brácteas involucrales aún están verdes, se ha alcanzado el tamaño máximo del capítulo y de los aquenios (Flemmer et al., 2014). Sin embargo, el peso máximo aún no se alcanzó ya que el pericarpio de los frutos alcanza su tamaño final antes que la semilla (Franchini et al., 2014).

La maduración de los frutos se da simultáneamente con la senescencia de la planta. Nuevamente, no es posible observar el desarrollo de los frutos por su ubicación, por lo que se lo relaciona con la coloración de las brácteas involucrales del capítulo. Éstas van tomando color amarillo desde el ápice hasta la base. Cuando el 70% de las mismas están amarillas (estado 87), los frutos alcanzan su peso máximo o madurez fisiológica (Flemmer et al., 2014). Franchini et al. (2014) registraron este estado entre los 17 y 25 días luego de la antesis, cuando los aquenios tenían un 39% de humedad.

La senescencia en la planta avanza desde la base hacia el ápice y, excepto las hojas basales, que generalmente caen, la mayoría permanece adherida a los tallos hasta el momento de la cosecha (Flemmer et al., 2014). En el trabajo de Franchini et al. (2014), la humedad de cosecha (entre 10 y 13%) en el tallo principal se alcanzó a los 33 días después de la antesis. Esto indica que el cultivo estará listo para la cosecha aproximadamente un mes después del final de la floración (GRDC, 2010).

Determinación del rendimiento en el cártamo

Los componentes del rendimiento son el número de plantas por unidad de superficie, el número de capítulos por planta, el número de aquenios por capítulo y el peso de mil aquenios. Por tratarse de una oleaginosa se suma a éstos, el contenido de aceite de los aquenios.

El número de **plantas por unidad de superficie** se determina poco tiempo después de finalizada la implantación del cultivo. Debe resaltarse que el cártamo es una especie muy plástica que tiene una gran capacidad para compensar un bajo número de plantas logradas a través de una mayor ramificación y número de capítulos por planta (Elfald et al., 2009).

El número de **capítulos por planta**, si bien empieza a definirse al iniciarse la ramificación, tiene un período de algo más de un mes durante el cual se determina, pudiendo producirse compensaciones si algún factor adverso afecta el proceso de emisión de ramas, pero su número potencial quedará determinado al inicio de la floración (Franchini et al., 2012). Posteriormente, sólo podrá reducirse si sufre alguna adversidad. Dado que el número de capítulos por unidad de superficie es un componente muy importante en la determinación del rendimiento (Johnson et al., 2012; La Bella et al., 2019; Sofy et al., 2020), la etapa en que se define se considera crítica, particularmente el momento en que se forman los capítulos y la floración, por lo cual prácticas como el riego y la fertilización tienden a garantizar la disponibilidad de agua y nutrientes durante este período (Esendal et al., 2008; Istanbuluoglu et al., 2009; Hussain et al., 2016).

El número potencial de **aquenios por capítulo** está fijado en cada uno al momento de hacerse visible en el extremo de la rama (Franchini et al., 2012; Flemmer et al., 2014; Konradsen, 2020), pero el número final de aquenios se determinará una vez finalizada la floración. Posteriormente, llevará poco más de 30 días alcanzar la madurez fisiológica, en que quede definido el **peso final de los aquenios**, el rendimiento y el **porcentaje de aceite de los frutos** (Mündel et al., 2004; Franchini et al., 2014). Es necesario resaltar que el peso individual de los aquenios, en el cártamo, es también un componente muy importante en la definición del rendimiento (Bigdoli et al., 2006; Sofy et al., 2020).

Requerimientos climáticos y edáficos del cártamo

Requerimientos térmicos y fotoperiódicos

El cártamo se considera una especie de clima templado. Puede germinar y emerger con temperaturas de 4°C, aunque las óptimas se sitúan alrededor de los 15°C. Durante el período vegetativo es tolerante a bajas temperaturas, al estado de roseta puede soportar heladas de hasta -7°C. La etapa de roseta transcurre normalmente durante el invierno, en la primavera, cuando las temperaturas comienzan a elevarse y los días se alargan, el cultivo inicia la elongación de los tallos. En este estado, la resistencia a las bajas temperaturas es menor, heladas de -4°C durante la elongación del tallo y la ramificación pueden dañar los ápices de los tallos. Si bien la planta puede recuperarse rebrotando y ramificando, se produce una disminución de los rendimientos y un retraso del ciclo. Por lo tanto, las fechas de siembra tempranas tienen mayor riesgo de exponer a los cultivos, en estados más susceptibles, a las heladas tardías del invierno (Mündel et al., 2004; GRDC, 2010; 2017).

En la zona semiárida pampeana de nuestro país, la floración normalmente se inicia hacia fin de año ya que el cultivo requiere días largos para desencadenarla. Por este motivo se produce,

generalmente, con altas temperaturas. Información proveniente de otros países indica que temperaturas por encima de 26°C (Australia) o 32°C (Estados Unidos) producen disminuciones en los rendimientos del cártamo, sobre todo, si la disponibilidad hídrica para el cultivo no es óptima (GRDC, 2010). Siembras muy tardías para escapar al riesgo de heladas pueden producir reducciones de rendimiento mayores a las de ocasionadas por las heladas, ya que acortan el ciclo del cultivo reduciendo la duración del período de roseta y las ramificaciones de las plantas y pueden exponer la floración del cultivo a temperaturas demasiado elevadas que esterilizan el polen resultando en un menor número de achenios por capítulo (GRDC, 2017).

Requerimientos hídricos

El cártamo se considera una planta resistente a la sequía, característica que le otorga el extenso sistema radical que puede desarrollar, el cual le permite absorber agua a profundidades a las cuales otros cultivos no acceden, incluso puede llegar hasta la napa freática. Este cultivo puede producir granos con cantidades limitadas de agua, pero si se trata de alcanzar altos rendimientos tiene altos requerimientos hídricos. Para producir unos 4000 kg.ha⁻¹ de achenios requiere absorber alrededor de 500 mm de agua (GRDC, 2010; Tula, 2019). Sin embargo, los rendimientos medios del país de los últimos años rondan los 790 kg.ha⁻¹, para los cuales requiere menos de 300 mm. Para este nivel de producción, si bien la necesidad de agua es más baja, en general es muy alta la variabilidad de los rendimientos, la cual se reduce si se cuenta con unos 400 mm de disponibilidad hídrica, que permiten la obtención de alrededor de 2000 kg.ha⁻¹ de achenios (GRDC, 2010; Gaggioli et al., 2013).

El mayor consumo de agua se produce durante la floración, y esta etapa es considerada crítica frente a las deficiencias hídricas. Si bien algunos autores suman a la floración la etapa posterior de llenado de los granos como parte del período crítico (GRDC, 2010; Tula, 2019), otros enfatizan la etapa previa, en la que se están desarrollando los capítulos (Esendal et al., 2008; Istanbuluoglu et al., 2009; Hussain et al., 2016).

Aunque la floración es crítica, no son deseables lluvias muy intensas ni alta humedad que inhiban la polinización o favorezcan el desarrollo de enfermedades. Más adelante en el ciclo del cultivo, lluvias intensas o persistentes son nocivas ya que los granos quedan contenidos dentro del receptáculo del capítulo y pueden producir la decoloración de los achenios (característica muy importante comercialmente si el destino es para consumo por pájaros), su podredumbre y el brotado de las semillas, ya que éstas no presentan dormancia (GRDC, 2010, 2017).

Es necesario mencionar que este cultivo tiene muy baja tolerancia al encharcamiento, particularmente durante la floración (GRDC, 2010; 2017).

El cártamo es reconocido por su alta eficiencia en el uso del agua, evaluaciones hechas en nuestro país (Córdoba y La Pampa) informan valores de 5,5 a 6,7 kg.ha⁻¹ de achenios por mm de agua (Gaggioli et al., 2013; Tula, 2019).

Requerimientos edáficos

El mejor crecimiento del cultivo y los máximos rendimientos se obtendrán en suelos fértiles y permeables, con buena capacidad de almacenamiento de agua en profundidad. Debido a que buena parte de su rusticidad y tolerancia a la sequía se relaciona con el desarrollo de su sistema radical, todo impedimento físico como capas compactadas (ya sean de origen genético como antrópico), limitará el crecimiento de la raíz y la productividad del cultivo. Los suelos de texturas finas, arcillosos, no son recomendables ya que, en la etapa de implantación del cultivo, son propensos al encostramiento superficial dificultando la emergencia y produciendo pérdidas de plantas. También son suelos que, ante condiciones de altas precipitaciones, tienden a mantenerse saturados por más tiempo, reduciendo el stand de plantas si esa situación ocurre durante la implantación o primeros estados vegetativos, y el rendimiento si se producen encharcamientos en estados más avanzados. Estas situaciones también favorecen el desarrollo de enfermedades, particularmente la producida por *Phytophthora* (Mündel et al., 2004; Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; 2017).

El cártamo se considera moderadamente tolerante a la salinidad, aunque existen diferencias varietales. En relación al pH prefiere suelos neutros a levemente alcalinos (Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010; 2017).

En la tabla 7.2 se presentan los requerimientos de N, P, K y S para dos niveles de rendimiento: 800 kg.ha⁻¹, valor cercano al promedio nacional de los últimos años, y 1500 kg.ha⁻¹, valor obtenido en ensayos a campo, considerado factible de lograrse en lotes de producción. Se observa que, aun para este último nivel de producción, los requerimientos del cártamo son menores que para colza (Capítulo 5) y lino (Capítulo 3).

Con respecto al **nitrógeno**, es importante considerar la profundidad que pueden alcanzar las raíces y la posibilidad que tiene el cártamo de absorber este nutriente en estratos que no alcanzan los cereales de invierno. Es necesario regular la disponibilidad de N a lo largo del ciclo del cultivo, ya que una alta dotación inicial puede generar un crecimiento vegetativo importante que agote la disponibilidad de agua del suelo, generando deficiencias hacia el final del ciclo y afectando negativamente el rendimiento (Mündel et al., 2004; Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2010). Por otro lado, una alta disponibilidad durante todo el ciclo, si bien redundará en rendimientos más altos, también puede afectar negativamente el contenido de aceite de los aquenios (Mündel et al., 2004).

Deficiencias de **fósforo** pueden generar problemas en la implantación del cultivo retrasando el crecimiento en las etapas iniciales del cultivo (Rivas y Matarazzo, 2009) y también pueden retrasar la maduración del cultivo (Mündel et al., 2004).

Tabla 7.2: Absorción y exportación de nutrientes por el cártamo para dos niveles de rendimiento

	Rendimiento 800 kg.ha ⁻¹		Rendimiento 1500 kg.ha ⁻¹	
	Absorción kg.ha ⁻¹	Exportación kg.ha ⁻¹	Absorción kg.ha ⁻¹	Exportación kg.ha ⁻¹
N	28,0	21,6	52,5	40,5
P	4,0	3,2	7,5	6,0
K	18,4	4,0	34,5	7,5
S	Sin datos	3,2	Sin datos	6,0

Fuente: Ciampitti y García (2007); GRDC (2010)

Referencias

- Bidgoli, A. M., Akbari, G. A., Mirhadi, M. J., Zand, E. y Soufizadeh, S. (2006). Path analysis of the relationships between seed yield and some morphological and phenological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Euphytica*, 148, 261–268. Recuperado de: DOI: 10.1007/s10681-005-9019-x.
- Ciampitti, I. A., García, F. O. (2007). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico N°11. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur (INPOFOS)*, 33, 13-16.
- Delucchi, G. (2002). Sobre la presencia de una nueva especie adventicia de *Carthamus* (*Asteraceae*, *Cardueae*) en la Argentina. *Hickenia*, 3(34), 129-131.
- Elfadl, 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, 2–13.
- Esendal, E., Istanbuluoglu, A., Arslan, B. y Paşa, C. (2008). Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *7th International Safflower Conference*. Waga Waga, Australia. Recuperado de: <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2171/2017/11/Enviro-Esendal-oral-paper.pdf>
- Fernández, P. A. (2016). *Determinantes de la calidad industrial de frutos de distintas variedades de cártamo (Carthamus tinctorius L.)*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. Recuperado de: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2710/1/Tesis%20Magister%20Paola%20Fernandez.pdf>

- Flemmer, A. C., Franchini, M. C. y Lindström, L. I. (2014). Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 331-339.
- Franchini, M. C., Flemmer, A. C. y Lindstrom, L.I. (2012). Grain yield, yield components and oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growing under semiarid conditions in Argentina. *Journal of Oilseeds Research*, 29, 130-132.
- Franchini, M.C., Flemmer, A. C., Lindström, L. I., David, M. A. y Fernandez, P. A. (2014). Fruit development of two high oleic safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *FYTON, Journal of Experimental Botany*, 83, 379-388.
- Gaggioli, C., Quiroga, A. y Noellemeyer, E. (2013). Evaluación de la eficiencia de uso del agua y productividad en cultivos invernales en la región semiárida pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 23 (2), 17-26.
- GRCD (2010). *Grain research and development corporation. Raising the bar with better safflower agronomy*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0016/210634/grdc-raising-the-bar-with-better-safflower-agronomy.pdf.pdf
- GRCD (2017). *Grain research and development corporation. Grownotes Safflowers Northern*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0031/238990/GRDC-GrowNotes-Safflower-Northern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_button&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Safflower%20Northern%20Region%20-%20GrowNotes%E2%84%A2
- Hussain, M. I., Lyra, D-A., Farooq, M., Nikoloudakis, N. y Khalid, N. (2016). Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (4).
- Istanbulluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C. y Konukcu, F. (2009). Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management*, 96, 1429–1434.
- Johnson, R., Petrie, S., Franchini, M.C., Evans, M. (2012). Yield and yield components of winter-type safflower. *Crop Science*, 52, 2358–2364.
- Konradsen, C. (2020). *Evaluación económica de dos alternativas de cultivos agrícolas en sistemas agropecuarios del sudoeste bonaerense*. (Tesis de grado). Recuperado de: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5073>
- La Bella, S., Tuttolomondo, T., Lazzeri, L., Matteo, R., Leto, C. y Licata, M. (2019). An agronomic evaluation of new safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for seed and oil yields under Mediterranean climate conditions. *Agronomy*, 9, 468.
- Lang, M. (2011). El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región semiárida pampeana: ensayo comparativo de rendimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam*. 22, 32-36.
- López-González, G. (1989). Acerca de la clasificación natural del género *Carthamus* L., s.l. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 47(1), 11-34.
- Montoya Coronado, L. (2010). *El cultivo de cártamo (Carthamus tinctorius L.) en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México D.F. Recuperado de:

[https://www.academia.edu/31993954/El cultivo del cartamo carthamus tinctorius I en Mexico pdf](https://www.academia.edu/31993954/El_cultivo_del_cartamo_carthamus_tinctorius_I_en_Mexico_pdf)

- 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: Revisited in 2004*. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Centre, Alberta. Recuperado de: <http://publications.gc.ca/site/eng/333269/publication.html>
- OECD Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). *Consensus document on the biology of safflower (Carthamus tinctorius L.)*. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology N°68. Recuperado de: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2020\)14&doclanguage=en](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2020)14&doclanguage=en)
- Ramonda, F., Ferrero, C., J., Fritz, F. y Baudino, E. M. (2019). Influencia de la fecha de siembra sobre los determinantes fisiológicos y numéricos del rendimiento en el cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en La Pampa. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 29(1), 63-69.
- Rivas, J. y Matarazzo, R. (2009). Producción de cártamo. Consideraciones generales. Boletín de divulgación N°20. Estación Experimental Hilario Ascasubi, INTA. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prodcartamo_.pdf
- Sofy, S. O., Hama, S. J. y Hamma-Umin, B. O. (2020). Influence of phosphorus fertilizer on yield and oil of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties under rain fed condition. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(2), 3409-3418.
- Tula, A. A. (2019). *Patrones de absorción y eficiencia de uso del agua de cultivos invernales en el centro de Córdoba*. (Tesis de especialización). Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/16965>.

CAPÍTULO 8

Manejo tecnológico del cultivo de cártamo

Adriana M. Chamorro y Rodolfo Bezus

Zonas de producción de cártamo. Rotaciones y preparación del suelo

Como se mencionó, el cártamo se adapta a toda la zona semiárida de nuestro país. Si bien ya en la década del '60 del siglo pasado su cultivo fue promovido en La Pampa (Anguil) por el Ingeniero agrónomo Guillermo Covas, no llegó a consolidarse en esa zona. Por el contrario, en el noroeste del país, encontró un nicho que le permitió difundirse y adquirir cierta continuidad en la superficie sembrada, principalmente en la provincia de Salta, pero también en Santiago del Estero y Jujuy. Aunque los rendimientos obtenidos son bajos, la rusticidad y el ciclo del cártamo, que en el NOA se desarrolla en invierno (de mayo a noviembre), lo convierten prácticamente en la única opción de cultivo invernal ya que ningún otro tolera la casi inexistencia de precipitaciones durante su ciclo (Rivas y Matarazzo, 2009).

Desde hace unas décadas, nuevamente, la investigación y extensión del INTA y de distintas Universidades han puesto su atención en este cultivo, particularmente en Córdoba, La Pampa y el sur de la provincia de Buenos Aires, generando información importante para el momento en que se den las condiciones para su difusión. Por este motivo, si bien la mayor superficie de cultivo actualmente se encuentra en Salta, la mayor disponibilidad de información actualizada proviene de las provincias de Buenos Aires, La Pampa y Córdoba.

Por lo tanto, la introducción de este cultivo en un sistema productivo puede simplemente ser una opción casi exclusiva en el invierno cuando las condiciones ambientales son muy limitantes, puede ser una tentativa de diversificación cuando el ambiente productivo es algo mejor, en ambos casos, con niveles de producción muy bajos, como lo es el rendimiento promedio nacional actualmente. O puede ser una alternativa real de diversificación si el ambiente en que se va a producir reúne mejores ofertas de recursos y, en este caso, los niveles de producción serán mayores. La mayoría de los cultivos invernales extensivos en nuestro país son gramíneas, y el cártamo ofrece la posibilidad de sembrar una dicotiledónea en esta estación, con las ventajas que ofrece para el manejo de plagas, malezas y enfermedades de los cereales. Además, la profundidad de su sistema radical, le permite hacer un mayor aprovechamiento que otras especies, de la fertilidad residual del cultivo antecesor. En este contexto, otras ventajas que ofrece este cultivo es que el requerimiento de insumos es más bajo

que en otros cultivos, de bajo mantenimiento y fácil crecimiento y la maquinaria necesaria para su producción (de acuerdo al manejo) puede ser la misma que para los cereales de invierno. Además, la época de siembra y cosecha, desfasada con respecto a estos cultivos, mejora la logística de su uso (GRDC, 2017). Y como oleaginosa, aporta materia prima para la industria en una época de bajo abastecimiento, ya que la principal fuente en nuestro país son las oleaginosas estivales (soja y girasol).

Con respecto al **lugar en la rotación**, en nuestro país no se puede hablar de resultados experimentales, pero sí de experiencia en la producción. No se recomienda que lo anteceda girasol o colza, y particularmente tampoco el mismo cártamo, para evitar problemas sanitarios. El trigo, la cebada o el centeno son buenos antecesores, pero es importante controlar las plantas voluntarias ya que es muy difícil la separación de sus granos en la cosecha del cártamo. Como la zona semiárida es de producción mixta también puede antecederle una pastura de alfalfa luego de un último aprovechamiento en otoño (Rivas y Matarazzo, 2009).

Es muy importante que el cultivo antecesor permita un barbecho tal que se logre acumular agua en profundidad en el suelo, ya que ésta es la clave para que supere largos períodos con bajas o nulas precipitaciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que su siembra es tardía con respecto a otros cultivos de invierno.

Como su ciclo, en la región pampeana, es largo, cosechándose normalmente en enero, no es razonable pensar en sembrar un cultivo de segunda como sucesor. Además, debido al sistema radical que posee, deja el suelo con una dotación hídrica mucho menor que otros cultivos invernales (Tula, 2019). Por el contrario, en el NOA, donde las lluvias son estacionales, de verano, es posible la implantación de una soja de segunda (Sauer y Andreo, 2017).

Es importante una adecuada **elección del lote**. La posibilidad de que sus raíces profundicen se relaciona con la ausencia de impedimentos. A pesar de esto, el cártamo es reconocido como un cultivo que permite mejorar la estructura del suelo cuando existen capas compactadas, generando poros que aumentan la aireación y la infiltración del agua (GRDC, 2017). Dada su baja tolerancia a encharcamientos, no son recomendables suelos pobremente drenados ni con micro relieves que favorezcan la acumulación de agua. Estas condiciones favorecen la pudrición de raíces y pérdida de plantas (Rivas y Matarazzo, 2009).

Con respecto a los riesgos de erosión eólica, la más importante en la zona de producción, si bien el cultivo hace una buena cobertura durante el invierno, en la época más seca, también deja un rastrojo relativamente pobre, que no contribuye a prevenirla (Rivas y Matarazzo, 2009).

La **preparación del suelo** para la siembra es similar a la de los cereales de invierno pero con mayor énfasis en el control de malezas y la acumulación de agua en el perfil del suelo. Puede hacerse con labranza convencional, que en la región semiárida emplea principalmente herramientas que mantienen un alto grado de cobertura del suelo, pero el cártamo se adapta muy bien también a la siembra directa.

Siembra de cártamo

La **ÉPOCA DE SIEMBRA** en el noroeste argentino es en mayo, pero en la región semiárida pampeana es más tarde debido a que, en siembras de mayo, el cultivo queda expuesto a las heladas durante la elongación y ramificación, etapas que presentan alta susceptibilidad a las mismas (Rivas y Matarazzo, 2009).

En la región semiárida, las siembras pueden hacerse desde julio hasta septiembre. Sin embargo, aunque las siembras de julio son factibles, no ofrecen ventajas con respecto a las de agosto. En ambos casos, la floración y estados reproductivos subsiguiente se registran en fechas similares, pero la implantación en las siembras de julio es mucho más prolongada, con más pérdida de plantas y con más problemas posteriores de enmalezamiento (Rivas y Matarazzo, 2009).

Los datos de Ramonda et al. (2019), de experimentos conducidos en La Pampa, ilustran este comportamiento (Figura 8.1), si bien la producción total de biomasa pudo ser mayor en la siembra de julio, los rendimientos fueron mayores cuando el cártamo se sembró en agosto. Esto se relacionó, primeramente, con el bajo número de plantas obtenido en la siembra más temprana que, aunque compensó parcialmente con el número de capítulos por plantas no fue suficiente para igualar los rendimientos (Figura 8.2). En la siembra de septiembre, se logró un número de plantas alto debido a las mejores condiciones ambientales que permitieron una implantación más rápida que la siembra de agosto, pero esta mayor densidad de plantas obtenida modificó la arquitectura de las plantas que registraron un menor número de capítulos por planta y un bajo peso individual de los achenios.

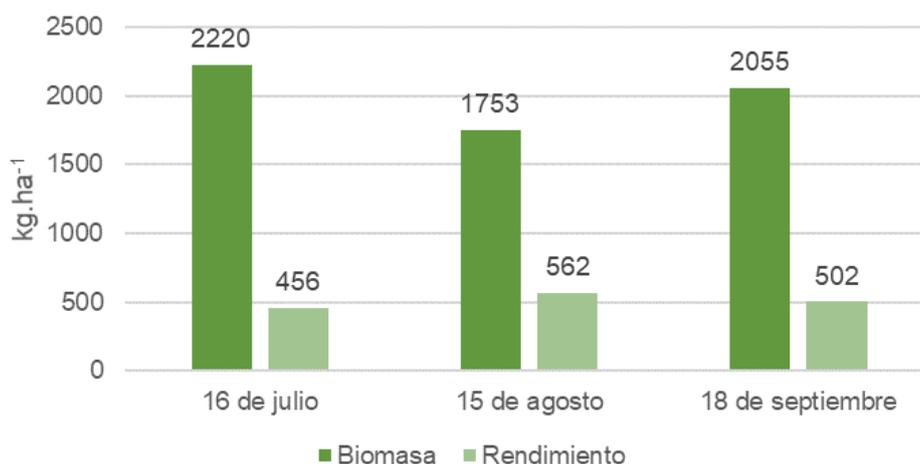


Figura 8.1: Producción de biomasa y rendimiento de cártamo en tres fechas de siembra en La Pampa

Elaborado en base a datos de Ramonda et al. (2019)

Estos resultados pueden ser explicados por las diferentes fechas de siembra que expusieron al cultivo a diferentes condiciones ambientales modificando su crecimiento y desarrollo. A medida que la siembra se atrasó, todas las etapas fenológicas se acortaron (Figura 8.3). La menor cantidad de días a emergencia y a fin del estado de roseta favorecieron al cultivo, logrando una mejor

implantación y un período más corto de competencia frente a las malezas, pero el acortamiento de la etapa de ramificación y floración determinó un menor número de capítulos. Por otro lado, la menor cantidad de días desde floración a madurez fisiológica influyeron en el menor peso de los aquenios. Como se mencionó previamente, el acortamiento del ciclo del cultivo fue más acentuado en las etapas previas a la floración, llevando ésta a diciembre para las tres fechas de siembra (10, 15 y 22 de diciembre para las siembras de julio, agosto y septiembre respectivamente). La madurez fisiológica se registró para las tres siembras en la misma fecha (21 de enero) (Ramonda et al., 2019).

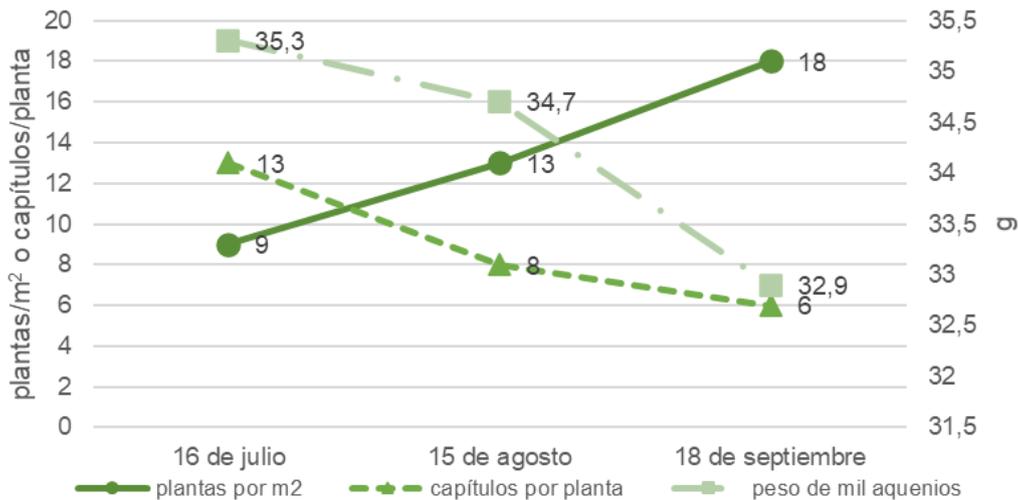


Figura 8.2: Componentes del rendimiento de cártamo en tres fechas de siembra en La Pampa
Elaborado en base a datos de Ramonda et al. (2019)

Con respecto a la **ELECCIÓN DEL CULTIVAR**, actualmente en el país la oferta es bastante restringida. Si bien hay 15 cultivares registrados en el INASE, pocos están disponibles comercialmente. Todos ellos son variedades, excepto uno, que es un híbrido denominado Taruca. El origen de los cultivares es mayoritariamente estadounidense pero el cultivar Iporá Guazú INTA fue obtenido en el INTA Las Breñas. Todos los cultivares registrados son de tipo alto oleico (poseen más de 75% de ácido oleico y aproximadamente 12% de linoleico). Estos proveen aceite de alta calidad nutricional, pero además, gran estabilidad frente al calentamiento. Existen materiales de tipo linoleico (con más de 75% de ácido linoleico y alrededor de 12% de oleico) que se destinan principalmente a la producción de aceite para consumo humano directo en ensaladas o para la elaboración de margarinas, pero no para frituras debido a su menor estabilidad en comparación con las variedades oleico (Mündel et al., 2004; GRDC, 2017).

Entre las variedades disponibles actualmente en la Argentina, están CW 88 OL, CW 99 OL, ambas alto oleico, de origen estadounidense y desarrolladas para ambientes bajo riego. En ensayos comparativos de rendimiento se han evaluado también otros materiales de diferentes procedencias (españoles, australianos, estadounidenses y nacionales) observándose diferencias en el rendimiento y el contenido de materia grasa (Lang, 2011; Mirassón et al., 2011). En estos

ensayos se han logrado rendimientos en semilla de algo más de 2700 kg.ha⁻¹ y porcentajes de aceite de hasta 39%.

Recientemente ha sido aprobada en la Argentina la comercialización de una variedad transgénica de cártamo, obtenida por una empresa mixta argentina (Instituto de Agrobiotecnología Rosario, Indear SA) en trabajo conjunto entre el Conicet y la empresa Bioceres. Sin embargo, su uso no sería como oleaginosa, el objetivo es utilizar el cártamo como fuente de quimosina bovina, una proteasa que se utiliza para coagular la leche en el proceso productivo de los quesos (SENASA, 2017).

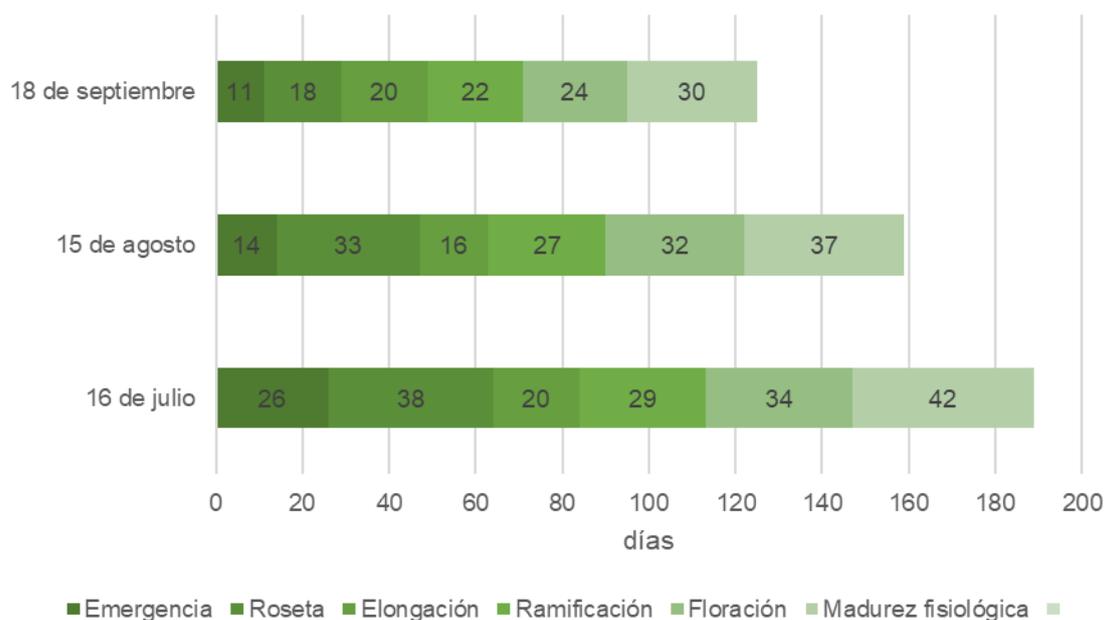


Figura 8.3: Duración de las etapas fenológicas de cártamo en tres fechas de siembra en La Pampa
Elaborado en base a datos de Ramonda et al. (2019).

Ya se mencionó que la planta de cártamo tiene una alta capacidad de ramificar, lo cual le otorga una gran plasticidad y capacidad para compensar pérdidas de plantas. Por este motivo, la **DENSIDAD DE SIEMBRA** es muy variable. Si bien, de acuerdo con el peso de la semilla y el poder germinativo se recomienda sembrar entre 14 y 18 kg.ha⁻¹ para obtener 40 a 50 plantas por m² (Marinissen et al., 2008), es muy frecuente que se obtengan densidades mucho más bajas, de alrededor de 20 plantas por m², e incluso menores atribuibles tanto a condiciones ambientales desfavorables para la germinación y emergencia como a fallas en la operación de siembra.

Cuando se utilizan densidades elevadas se producen plantas muy delgadas con pocos capítulos. Si las densidades son muy bajas, las plantas presentan tallos muy gruesos que pueden ocasionar problemas en el momento de la trilla (Marinissen et al., 2008). Densidades muy bajas rendirán menos porque el cultivo no llegará a cubrir el suelo, competirá menos con las malezas y resultará menos uniforme, pero densidades muy altas, en años húmedos pueden favorecer una mayor incidencia de enfermedades, y en años secos pueden conducir a un estrés hídrico prematuro reduciendo también los rendimientos (Mündel et al., 2004). En términos generales,

se recomienda incrementar la densidad de siembra en ambientes más fértiles y con buena humedad en el suelo, cuando se atrasa la siembra o cuando la producción es bajo riego (GRDC, 2010; 2017).

De la misma manera, es muy variable la **DISTANCIA ENTRE SURCOS**. En algunos países, como Canadá y Australia, se implanta con sembradoras de grano fino y se utilizan mayores distanciamientos entre surcos cuando la producción es bajo riego. En nuestro país, si bien se hacen siembras a 17,5 cm entre surcos, hay una tendencia a conducir el cultivo con mayores distanciamientos entre hileras, de 40 o 50 cm, sobre todo cuando se implanta bajo siembra directa en la zona semiárida (Marinissen et al., 2008; Rivas y Matarazzo, 2009).

La mejor **PROFUNDIDAD DE SIEMBRA** para el cártamo es de 2 a 3,5 cm en un suelo húmedo y bien compactado. Aumentar la profundidad a 5 cm produce importantes disminuciones en el número de plantas emergidas independientemente del tipo de suelo (Mikkelsen et al., 2008). El cártamo es particularmente sensible a la siembra en suelos secos, debido a la alta proporción de cáscara del fruto, por lo que necesita más humedad que los cereales para germinar. Por lo tanto, la semilla debe colocarse encima de la capa de suelo húmedo. Sembrando en un suelo seco se pueden producir importantes pérdidas de plántulas. El cártamo es también muy sensible a una excesiva profundidad de siembra. En estos casos, se alarga la etapa de implantación quedando las semillas y plántulas más tiempo expuestas a adversidades, tanto animales como patógenos, que pueden reducir el stand de plantas logrado (Mündel et al., 2004).

Finalmente, es recomendable el **TRATAMIENTO DE LAS SEMILLAS** con fungicidas a fin de prevenir el damping off o la roya del cártamo (Rivas y Matarazo, 2009).

Adversidades del cártamo

Con relación a las adversidades abióticas, ya se ha mencionado que es muy resistente a diversas condiciones del ambiente que normalmente no son toleradas por otras especies. Soporta condiciones de baja disponibilidad hídrica y de bajas temperaturas mejor que otros cultivos, tolera fuertes vientos sin volcarse ni registrar pérdidas importantes de granos, ya que están protegidos en el involucro. Sin embargo, no significa que su capacidad de producir en ambientes adversos no afecte sus rendimientos, éstos pueden ser mucho mayores si las condiciones de crecimiento son favorables. Además, también posee etapas de su desarrollo que son más susceptibles, por ejemplo, una baja disponibilidad hídrica reduce fuertemente los rendimientos si se registra durante la floración, igualmente excesos de agua que resulten en encharcamientos son críticos durante la misma etapa.

El cártamo en nuestro país, como en muchas partes del mundo, es aún un cultivo potencial que no logra afianzarse. Por este motivo, las adversidades bióticas que le son propias tampoco han logrado un amplio desarrollo. La información que se expone a continuación proviene, principalmente, de otros países con mayor experiencia en este cultivo, siendo de gran valor como

punto de partida. Pero en la medida de lo posible, se han rescatado y presentan todos los registros de distintos patógenos, plagas y malezas encontrados en nuestro país afectando al cultivo.

Enfermedades del cultivo

En Canadá las principales enfermedades son la podredumbre de los capítulos producida por *Sclerotinia sclerotiorum*, la mancha de la hoja producida por *Alternaria carthami* y *A. alternata*, la roya del cártamo, producida por *Puccinia carthami*, y el damping off producido por un complejo de hongos que incluye a *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*. Todas ellas pueden causar serias pérdidas en el cultivo, especialmente en años con más lluvias de lo normal (Mündel et al., 2004).

En Australia, mencionan como las más importantes a la mancha de la hoja producida por *Alternaria carthami*, la podredumbre de raíces producida por *Phytophthora cryptogea* y la roya (*Puccinia carthami*), y también se mencionan como enfermedades menos prevalentes a la podredumbre producida por *Sclerotinia sclerotiorum* y al damping off (GRDC, 2017).

En nuestro país, aunque hay poca información sistematizada al respecto, se han registrado, produciendo pérdidas de cierta importancia, los siguientes patógenos: *Verticillium dahliae* (verticilosis o marchitamiento), *Phytophthora* spp. (podredumbre del pie o de la base del tallo), *Puccinia carthami* (roya del cártamo) y *Alternaria carthami* (mancha de la hoja) (Rivas y Matarazzo, 2009; Esquivel et al., 2016). También se ha identificado una mancha foliar producida por *Cercospora carthami* (Casse, 2018).

La **MANCHA FOLIAR producida por *Alternaria* spp.** se registra principalmente en condiciones de altas precipitaciones o alta humedad ambiental y temperaturas relativamente altas (25-30°C). Normalmente los síntomas se observan antes de la floración como pequeñas manchas oscuras, marrones o negras, de un centímetro de diámetro, ubicadas sobre las hojas y las brácteas, las que luego se van uniendo, formando manchas más grandes e irregulares. La planta entera puede volverse marrón, es decir, posteriormente afecta también tallos, capítulos y semillas. El manejo es principalmente preventivo, mediante el uso de semilla sana, ya que el patógeno se puede transmitir a través de ella (también reduce el poder germinativo) y mediante rotaciones, para reducir el inóculo, porque se perpetúa en el rastrojo. En Australia se han logrado variedades resistentes a esta enfermedad (Mündel et al., 2004; GRDC, 2017).

La **ROYA DEL CÁRTAMO** producida por *Puccinia carthami* puede ser fácilmente identificada por las típicas pústulas sobre las hojas, muy pequeñas, de 1-2 mm de diámetro, que inicialmente son anaranjadas y luego se vuelven negras. Esta enfermedad, puede transmitirse a través de la semilla, en cuyo caso afecta las plántulas que normalmente no sobreviven, o puede observarse más avanzado el ciclo del cultivo, a veces sin grandes consecuencias sobre los rendimientos. El manejo se realiza usando semilla sana, rotando cultivos, ya que el patógeno se perpetúa también en el rastrojo, y controlando plantas voluntarias (Mündel et al., 2004; GRDC, 2017).

La **PODREDUMBRE producida por *Phytophthora* spp.** ha sido reportada en el NOA (Rivas y Matarazzo, 2009). Normalmente se asocia al exceso de humedad y altas temperaturas sobre

todo en las áreas más bajas del relieve, siendo más prevalente en áreas de riego (GRDC, 2017). Se ha mencionado que ciclos de estrés y exceso de humedad propician el desarrollo de esta enfermedad (Rivas y Matarazzo, 2009). Este patógeno puede infectar las plántulas, pero más frecuentemente la infección se produce a partir de la floración. Suele observarse en plantas aisladas o en manchones. Las plantas se marchitan, se decoloran y mueren, mientras que la base del tallo y las raíces se tornan completamente oscuras. El patógeno afecta también a muchas malezas y tiene la capacidad de perpetuarse largo tiempo en el suelo. En Australia se han obtenido variedades resistentes a esta enfermedad (GRDC, 2017).

La **VERTICILLOSIS** producida por *Verticillium dahliae* puede afectar al cártamo en cualquier estado de desarrollo. Normalmente se presenta en manchones porque el patógeno se perpetúa, principalmente, a través de microesclerocios en el rastrojo, perdurando en el suelo, pero también puede transmitirse por los microesclerocios llevados por las semillas. Es una enfermedad vascular que se inicia como una clorosis internerval en las hojas y produce una madurez prematura de las plantas (Rivas y Matarazzo, 2009). El patógeno también afecta numerosos cultivos y malezas (GRDC, 2017), por lo que el manejo de la enfermedad incluye la siembra de semilla limpia, rotaciones y control de malezas.

La **PODREDUMBRE DE LOS CAPÍTULO**s producida por *Sclerotinia sclerotiorum* es una enfermedad de gran importancia en algunas zonas de Canadá. Si durante la floración del cultivo se dan condiciones que favorezcan la germinación de los esclerocios de este patógeno y producción de esporas (tiempo húmedo y fresco), se producirá la podredumbre de los capítulos con enormes pérdidas de producción. En algunas condiciones, *Sclerotinia* puede infectar las plantas de cártamo a través de las raíces produciendo marchitamiento, pero su efecto no es tan nocivo como cuando afecta los capítulos. Este patógeno afecta muchas otras especies de cultivo y de malezas, sólo las gramíneas parecen no ser susceptibles. Además, los esclerocios pueden sobrevivir mucho tiempo en el suelo, por lo cual es necesario realizar rotaciones de por lo menos cuatro años sin hospedantes susceptibles para reducir el inóculo. También es importante la calidad de la semilla, que debe estar libre de esclerocios. En Canadá existen algunas variedades resistentes (Mündel et al., 2004).

El **DAMPING OFF**, como se mencionó, es producido por un complejo de hongos y puede producir importantes pérdidas de plantas, por lo cual las recomendaciones son sembrar en condiciones que favorezcan una rápida implantación, y curar la semilla con fungicidas.

Cercospora carthami sólo se ha encontrado en el Chaco produciendo manchas necróticas sobre las hojas (Casse, 2018). Pero *Cercospora* puede producir una necrosis internerval en las hojas, las cuales pueden deformarse. Es posible que también tallos, brácteas y botones florales presenten síntomas. Cuando son afectados los órganos reproductivos no llegan a producirse frutos. Para que se produzca la infección, es necesario tiempo cálido y húmedo. El patógeno se perpetúa en los rastrojos o en plantas guachas. Se recomiendan rotaciones de al menos tres años sin cártamo (Schwartz y Gent, 2005).

Plagas insectiles del cártamo

Recientemente se han realizado algunas revisiones sistematizadas sobre los insectos que afectan al cártamo en nuestro país, una en la región semiárida pampeana (Fritz et al., 2018) y otra en la región chaqueña (Esquivel et al., 2016) y, algunas de las especies relevadas como perjudiciales son coincidentes. Las especies relevadas se presentan en la tabla 8.1.

Melanagromyza cunctanoides, la **mosquita minadora del tallo**, es la plaga que apareció más tempranamente. Fue observada, en Chaco, desde la emergencia y durante el estado de roseta realizando galerías en el tallo de plantas aisladas, produciendo su muerte (Esquivel et al., 2016).

La **vaquita de San Antonio** (*Diabrotica* sp.) también se encontró en Chaco produciendo daños en las hojas principalmente en el estado de roseta (Esquivel et al., 2016).

Tabla 8.1: Insectos perjudiciales relevados en el cultivo de cártamo, en la región chaqueña y en la región semiárida pampeana argentinas

Orden	Nombre científico	Nombre vulgar
Hemíptera	<i>Uroleucon jaceae</i>	Pulgón negro del cártamo
	<i>Capitophorus elaeagni</i>	Pulgón verde del alcaucil
	<i>Athaumasthus haematicus</i>	Chinche roja
	<i>Nezara viridula</i>	Chinche verde
	<i>Piezodorus guildinii</i>	Chinche de la alfalfa
	<i>Dichelops furcatus</i>	Chinche de los cuernos
	<i>Edessa meditabunda</i>	Alquiche chico
	<i>Nysius simulans</i>	Chinche diminuta
Thysanoptera	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Trips californiano de las flores
Lepidóptera	<i>Helicoverpa zea</i>	Isoca de la espiga
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Isoca militar tardía
	<i>Rachiplusia nu</i>	Isoca medidora
	<i>Helicoverpa gelotopoeon</i>	Oruga capullera
Coleóptera	<i>Epicauta adspersa</i>	Bicho moro
	<i>Chauliognathus scriptus</i>	Escarabajo escrito
	<i>Pantomorus auripes</i>	Gorgojo de la alfalfa
	<i>Diabrotica</i> sp.	Vaquita de San Antonio
Díptera	<i>Melanagromyza cunctanoides</i>	Mosquita minadora del tallo

Elaboración propia en base a Esquivel et al. (2016) y Fritz et al. (2018).

A partir de la elongación del cultivo, en brotes y tallos tiernos, se presentó el **pulgón negro del cártamo** (*Uroleucon jaceae*) (Esquivel et al., 2016). En La Pampa, además, se encontró, aunque en menor proporción, el **pulgón verde del alcaucil** (*Capitophorus elaeagni*). Los pulgones son el grupo de insectos que se encontró en mayor proporción, siendo considerados la plaga de mayor importancia en la región pampeana, principalmente a inicios de floración, afectando significativamente el tercio superior de las plantas (hojas, tallos tiernos y capítulos) (Fritz et al., 2018).

También hacia el inicio de la elongación del tallo, se detectó la presencia de **chinche roja** (*Athaumasthus haematicus*) (Fritz et al., 2018), la cual en floración se encontró alimentándose de los granos (Esquivel et al., 2016).

En el Chaco, en los brotes terminales de los pimpollos en formación y en las brácteas de los pimpollos ya formados, se registraron estados juveniles y adultos de **trips** (Thysanoptera) cuya especie no fue determinada (Esquivel et al., 2016). Sin embargo, en La Pampa se identificó a *Frankliniella occidentalis* (trips californiano de las flores) como representante de ese orden (Fritz et al., 2018).

La **oruga capullera** (*Helicoverpa gelotopoeon*) se encontró en Chaco. En los primeros estados de desarrollo fue observada produciendo daño en las brácteas de los capítulos al estado de floración para luego alimentarse de los frutos en formación (Esquivel et al., 2016).

Rivas y Matarazzo (2009) citan también daños producidos, en cultivos de cártamo en el NOA, por insectos del suelo durante la etapa de implantación: gusanos blancos (*Diloboderus abderus*), gusanos grasientos (*Agrotis ipsilon*) y gusanos alambre (*Agriotes* spp., *Conoderus* spp.), especialmente cuando la emergencia es lenta, ya sea por mala calidad de la semilla o por falta de humedad.

De la tabla 8.1 se desprende que hay otras especies de hemípteros además de la chinche roja, que también afectan al cultivo, al igual que otras isocas defoliadoras, algunas de las cuales también pueden alimentarse de los aquenios. Según Fritz et al. (2016), los pulgones fueron los insectos que afectaron en mayor proporción al cultivo, siguiéndoles las chinches, los trips y las orugas defoliadoras en orden decreciente. Estos autores identificaron también una serie de organismos benéficos, entre ellos, algunos coccinélidos, nábidos, himenópteros y arácnidos.

En el país no hay insecticidas registrados para el control de plagas en cártamo y mucho menos umbrales de daño económico determinados. En Australia, para el caso de los pulgones se recomienda el control cuando un 20% de las plantas cuenta con más de 20 pulgones por tallo, botón floral o capítulo. Sin embargo, recomiendan el monitoreo también de insectos benéficos que realizan control biológico (GRDC, 2017).

Para el control de *Helicoverpa* se considera necesario relevar más de 4 a 8 larvas de 5 a 7 mm de longitud por botón floral, aunque si la disponibilidad hídrica para el cultivo es buena es posible que pueda tolerar una mayor cantidad de isocas. Para esta oruga se pueden aplicar insecticidas convencionales, pero también es susceptible a los elaborados en base a *Bacillus thuringiensis* y al virus de la poliedrosis nuclear. Las labranzas una vez finalizado el cultivo también son efectivas para enterrar las pupas de esta plaga y reducir su sobrevivencia (GRDC, 2017).

Las malezas y el cártamo

La siembra tardía del cártamo con respecto a los cereales de invierno permite el control de las malezas durante el barbecho, lo cual es muy importante porque el cártamo es muy mal competidor durante las primeras etapas de crecimiento, incluido el estado de roseta (GRDC, 2017). Este período, en el cual el cártamo crece lentamente, es crítico porque las malezas pueden establecerse fácilmente y, sin controles, es común que su altura sobrepase al cultivo en los estadíos más avanzados (Rivas y Matarazzo, 2009).

En la región semiárida pampeana, las malezas más importantes son el cardo ruso (*Salsola kali*), abrepuño amarillo (*Centaurea solstitialis*), flor amarilla (*Diplotaxis tenuifolia*), yuyo moro (*Lycopsis arvensis*) y mostacilla (*Rapistrum rugosum*) entre las latifoliadas, y cebadilla (*Bromus catharticus*) y raigrás (*Lolium multiflorum*) entre las gramíneas (Rivas y Matarazzo, 2009).

Como en otros cultivos, las alternativas de manejo de las malezas pueden ser culturales, mecánicas o químicas. Entre las culturales, en primer lugar, hay que favorecer una buena implantación del cultivo, pero también la modificación de la fecha de siembra es una herramienta, al permitir el control de las malezas previo a la implantación del cultivo. Se puede favorecer la competencia del cártamo frente a las malezas a través del distanciamiento entre los surcos, pero siempre dentro de los rangos recomendables según la zona de producción, disponibilidad de agua y nutrientes. En este cultivo es particularmente necesario apelar a medidas preventivas como usar semilla limpia, elegir lotes con baja infestación de malezas que puedan ser difíciles de controlar en el cártamo y limpiar las maquinarias antes de ingresar al lote de producción (Mündel et al., 2004).

El control mecánico es factible si no se produce en siembra directa. En tal caso, el uso de rastras rotativas en preemergencia y emergencia del cultivo es una opción, sobre todo si fuese necesario romper un posible “planchado”. Si la distancia entre surcos lo permite, es posible también hacer controles mecánicos entre las líneas de siembra hasta la ramificación del cultivo (Rivas y Matarazzo, 2009).

Con respecto al control químico, en el país no hay actualmente herbicidas registrados para su uso en el cártamo. En otros países se resalta, en primer lugar, la necesidad de planificar su siembra con anticipación ya que es sensible a la presencia de residuos de herbicidas aplicados a cultivos previos o al mismo barbecho si no se hace con suficiente antelación, por ejemplo, picloram o 2,4-D (GRDC, 2017).

En Canadá, recomiendan el uso de glifosato o paraquat, previo a la siembra, para controlar las malezas ya emergidas, no se recomienda 2,4-D ni dicamba por su efecto sobre el cártamo. Como herbicidas de presiembra, en ese país está registrada la trifluralina, que controla algunas latifoliadas y gramíneas, y como postemergente graminicida, el setoxidim (Mündel et al., 2004). En Australia también está registrado el pendimetalín como herbicida de presiembra que controla un espectro de malezas gramíneas y latifoliadas. Como graminicidas postemergentes están registrados propaquizafop y diclofop metil pero para control de latifoliadas en postemergencia, sólo puede usarse metsulfurón metil en estados tempranos del cultivo (GRDC, 2010; 2017).

Sin duda, deben tomarse medidas integradas para obtener los mejores resultados y a más largo plazo, siendo necesaria la experimentación en las diferentes zonas de cultivo y considerando las malezas invernales y primaverales ya que ambas quedan abarcadas en el ciclo del cultivo del cártamo.

Fertilización del cultivo

En el capítulo 7 se hizo referencia a las necesidades de nutrientes del cultivo, las cuales, en parte por sus bajos requerimientos y en parte por sus bajos niveles de productividad, resultan mucho más bajas que las de otros cultivos invernales.

Como para todos los cultivos, un nutriente central para el crecimiento y la producción es el **NITRÓGENO**. Para los niveles de rendimiento actuales en el país, la necesidad es de unos 25 kg.ha⁻¹, que podrían incrementarse a unos 52 kg.ha⁻¹ si se mejorara la producción. En Australia y Canadá, se recomienda la fertilización con unos 20 a 40 kg.ha⁻¹ de N, aunque si se efectúa a la siembra, junto con la semilla no debería superarse los 20 kg.ha⁻¹ de N ya que afectaría la implantación por producir fitotoxicidad a la semilla (Mündel et al., 2004; GRDC, 2017). Mündel et al. (2004) señalan la necesidad de analizar la disponibilidad hídrica en el suelo al momento de la siembra para decidir la dosis. Por supuesto, la cantidad de N a aplicar se incrementa cuando la producción se hace bajo riego.

Por otro lado, ya se ha mencionado que el profundo sistema radical del cártamo le otorga una alta capacidad de utilizar el N residual, sobre todo el que lixivió por debajo de la zona de raíces del cultivo antecesor. Esto explica que, cuando sucede a un cultivo que ha sido bien fertilizado, es frecuente que el cártamo no responda a la aplicación de N con un mayor rendimiento (Elfald et al., 2009; Yau y Ryan, 2010).

Cuando la fertilización nitrogenada produce incrementos del rendimiento, estos se deben a una mayor producción de materia seca y entre los componentes del rendimiento, el que más se modifica es el número de capítulos (Steer y Harrigan, 1986; Elfald et al., 2009; Ferreira Santos et al., 2018), pero también puede mejorar el número de achenios por capítulo y su peso (Dordas y Sioulas, 2008). Dordas y Sioulas (2009) encontraron, además, que la fertilización con N produjo un alargamiento del período de llenado de los granos, modificando la removilización del N, y que la duración del período de llenado de los achenios se correlacionó positivamente con el rendimiento. Encontraron también, que un mayor período de llenado no sólo mejora el rendimiento sino también la calidad de los achenios (contenido de aceite).

Es posible encontrar disminuciones del contenido de aceite de los achenios como resultado de la aplicación de N (Shahrokhnia y Sepaskhah, 2016), sobre todo cuando las dosis son altas (mayores a 200 kg.ha⁻¹, Ferreira Santos et al., 2018) o son tardías (cuando se visualizan de los botones florales, Steer y Harrigan; 1986).

Una buena dotación de **FÓSFORO** en el suelo favorece la implantación del cultivo y acelera su maduración (Mündel et al., 2004), siendo también importante para la producción de aceite.

La baja movilidad de este nutriente en el suelo determina que su aplicación deba ser previa a la siembra o en el momento de la misma, cerca de la semilla. En general, la fertilización con P no es frecuente que redunde en incrementos de los rendimientos excepto cuando los niveles de disponibilidad son muy bajos. Por ejemplo, Sofy et al. (2020) con dosis de 22 kg.ha⁻¹ y de 43 kg.ha⁻¹ de P registraron, en el cártamo, incrementos en la biomasa total producida, el rendimiento y el porcentaje de aceite. El mayor rendimiento se debió tanto a un mayor número de aquenios como a su mayor peso individual.

En nuestro país, Rivas y Matarazzo (2009) indican que el umbral crítico para P estaría en las 10 ppm (Bray-Kurtz 1), en cuyo caso las dosis usuales son de 8 a 10 kg.ha⁻¹ de P, mientras que con niveles superiores a 16 ppm no se suele fertilizar. Marinissen et al. (2008) recomiendan para las condiciones del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, una fertilización a la siembra con 35-40 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico y 15-25 kg.ha⁻¹ de N al final del estado de roseta.

El cártamo es una especie capaz de establecer asociación simbiótica con hongos micorrízicos, habiéndose observado un mejor crecimiento del cultivo, en suelos de baja fertilidad, cuando fue inoculado con *Glomus intraradices* (Díaz Franco y Garza Cano, 2007). La inoculación con *Glomus hoi*, también mejoró el crecimiento y el rendimiento del cártamo aun en condiciones de estrés hídrico, efecto que fue mayor aún, cuando se inoculó conjuntamente con bacterias del género *Azotobacter*, considerándose una alternativa de gran interés para planteos de bajo uso de insu- mos (Shariati et al., 2015).

Cosecha y comercialización de cártamo

La cosecha del cártamo se realiza con cosechadora de grano fino cuando se observa el cultivo de color marrón lo cual ocurre entre fines de enero y febrero, aproximadamente un mes después de finalizada la floración (Marinissen et al., 2008; Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2017). Al igual que la floración, la maduración de los aquenios se registra primero en el capítulo principal y luego en los secundarios y terciarios progresivamente. El porcentaje de humedad para garantizar un almacenaje seguro es de alrededor del 8%. No es deseable retrasar mucho la cosecha, sobre todo si el tiempo es muy seco y cálido debido a que cuando las plantas están demasiado secas se incorpora mucho material extraño a la cosecha siendo muy difícil de limpiar. Además, los aquenios van perdiendo el color blanco brillante que los caracteriza y, cuando el destino es la venta como alimento para pájaros, baja mucho la calidad del producto (GRDC, 2017).

Es un cultivo que normalmente no presenta desgrane, ya que los aquenios están muy comprimidos dentro de los capítulos, ni tiene problemas con las palomas en pre-cosecha ya que no les ofrece un lugar donde posarse para alimentarse debido a sus hojas espinosas y tiene muy buena resistencia al vuelco, aun ante fuertes vientos (Mündel et al., 2004; Rivas y Matarazzo, 2009; GRDC, 2017). Sin embargo, si la cosecha se retrasa y las plantas se encuentran muy secas y frágiles, el viento o incluso la barra de corte de la cosechadora pueden producir el desgrane (Mündel et al., 2004; GRDC, 2017). Aunque no es común, si se presentan condiciones de

precipitaciones frecuentes y humedad luego de la madurez fisiológica y antes de la cosecha, puede registrarse el brotado de los aquenios (Rivas y Matarazzo, 2009).

El cártamo se comercializa según Bases estatutarias según la Norma IV – S.A.G.yP.1075/94 (Tabla 8.2) y para la fijación del precio se toma como referencia el precio del girasol.

Tabla 8.2: Norma de calidad para la comercialización de cártamo

Rubros	Base	Tolerancia de recibo	Bonificaciones	Rebajas
Contenido de materia grasa S.S.S.y L. (1)	33%	-	Para valores superiores a 33% a razón de 2% por cada % o fracción proporcional.	Para valores menores a 33%, a razón de 2% por cada % o fracción proporcional.
Acidez de la materia grasa	2,0%	-	-	Para valores superiores a 2%, a razón de 2,5% por cada % o fracción proporcional.
Materias extrañas	-	2,0%	-	Hasta tolerancia de recibo, a razón de 1% por cada % o fracción proporcional. Para valores superiores a 2%, a razón de 1,5% por cada % o fracción proporcional.
Humedad	10,0%	13,0%	(2)	

LIBRE DE INSECTOS Y ARACNIDOS VIVOS

(1) *Sobre sustancia seca y limpia*

(2) *Cuando la mercadería exceda la base de humedad (10 %) se descontará la merma correspondiente de acuerdo a las tablas establecidas y la tarifa convenida de secado*

Semillas de chamico (Datura ferox L): Para valores superiores a la tolerancia establecida (2 semillas cada 100 gramos) se descontará 1,3 % de merma en peso y gastos de zarandeo

Referencias

- Casse, M. F. (2018). Enfermedades foliares detectadas en cártamo. Campaña 2018. Laboratorio Fitopatología, EEA Sáenz Peña. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/enfermedades-foliares-detectadas-en-cartamo>
- Díaz Franco, A. y Garza Cano, I. (2007). Crecimiento de genotipos de sorgo y cártamo asociados a la colonización micorrízica arbuscular en suelo con baja fertilidad. *Universidad y Ciencia* 23(1), 15-20.

- Dordas, C. A. y Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products* 27 (1), 75-85.
- Dordas, C. A. y Sioulas, C. (2009). Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, 110, 35–43.
- Elfadl, 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, 2–13.
- Esquivel, C. E., Casuso, V. y Tarragó J. (2016). Monitoreo de plagas y enfermedades presentes en el cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) del sudoeste chaqueño. *Agrotecnia*, 24, 22-29.
- Ferreira Santos, R., Bassegio, D., Pereira Sartori, M. M., Dutra Zannoto, M. y de Almeida Silva, M. (2018). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes. *Acta Agronómica*, 67 (2), 264-269.
- Fritz, F., Ramonda, F. y Baudino, E. M. (2018). Insectos perjudiciales y benéficos en cultivo de cártamo en la Región pampeana semiárida. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 28 (2), 35-44.
- GRDC (2010). *Grain research and development corporation. Raising the bar with better safflower agronomy*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0016/210634/grdc-raising-the-bar-with-better-safflower-agronomy.pdf.pdf
- GRDC (2017). *Grain research and development corporation. Grownotes Safflowers Northern*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0031/238990/GRDC-GrowNotes-Safflower-Northern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_button&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Safflower%20Northern%20Region%20-%20GrowNotes%E2%84%A2
- Lang, M. (2011). El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región semiárida pampeana: ensayo comparativo de rendimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam*, 22, 32-36.
- Marinissen, A., Torres Carbonell, C., Lauric, A., Coma, C., y Rivas, J. (2008). Cultivo de cártamo. Ensayos en la zona. Hoja Técnica N°4. Oficinas de Extensión INTA Bahía Blanca y Coronel Rosales, EEA INTA Bordenave. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-2_ensayos_cartamo.pdf
- Mikkelsen, E., Ponder, A., Pickersgill, K. y Wachsmann, N. (2008). The effect of sowing depth on safflower germination and early growth in clay and sandy soils. *7th International Safflower Conference*. Waga Waga, Australia. Recuperado de: <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2171/2017/11/General-Mikkelsen-poster-paper.pdf>
- Mirassón, H. R., Palomo, I. R., Bredan, R. E. y Fioretti, M. N. (2011). Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la Región Pampeana Semiárida. *Fiton*, 80, 147-151.

- 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: Revisited in 2004*. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Centre, Alberta. Recuperado de: <http://publications.gc.ca/site/eng/333269/publication.html>
- Ramonda, F., Ferrero, C., J., Fritz, F. y Baudino, E. M. (2019). Influencia de la fecha de siembra sobre los determinantes fisiológicos y numéricos del rendimiento en el cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en La Pampa. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 29(1), 63-69.
- Rivas, J. y Matarazzo, R. (2009). Producción de cártamo. Consideraciones generales. Boletín de divulgación N°20. Estación Experimental Hilario Ascasubi, INTA. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prodcartamo_.pdf
- Sauer, M. V. y Andreo, A. I. (2017). Rotaciones de cultivos bajo siembra directa para el sudoeste chaqueño. *Simposio de Fertilidad*, Rosario, Actas, 17-25.
- Schwartz, H. F. y Gent, D. H. (2005). Safflower. Cercospora leaf spot. Recuperado de: <https://bugwoodcloud.org/bugwoodwiki/CercosporaLeafSpot-Safflower.pdf>
- SENASA (2017). Documento de decisión. Evaluación de la aptitud alimentaria del evento de cártamo SPC IND-10003-4 x IND-10005-7 y de los Eventos simples IND-10003-4 e IND-10005-7. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/gmfp/docs/Documento%20decisi%C3%B3n%20C%C3%A1rtamo%20SPC.pdf
- Shahrokhnia, M.H. y Sepaskhah, A.R. (2016). Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. *Agricultural Water Management*, 172, 18–30.
- Shariati, J., Weisany, W. y Torabian, S. (2015). Effect of azotobacter and arbuscular mycorrhizal on growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation regimes. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 18 (4), 1.
- Sofy, S. O., Hama, S. J. y Hama-Umin, B. O. (2020). Influence of phosphorus fertilizer on yield and oil of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties under rain fed condition. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(2), 3409-3418.
- Steer, B. T. y Harrigan, E. K. S. (1986). Rates of nitrogen supply during different developmental stages affect yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Field Crops Research*, 14, 221-231.
- Tula, A. A. (2019). *Patrones de absorción y eficiencia de uso del agua de cultivos invernales en el centro de Córdoba*. (Tesis de especialización). Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/16965>.
- Yau, S-K. y Ryan, J. (2010). Response of rainfed safflower to nitrogen fertilization under Mediterranean conditions. *Industrial Crops and Products*, 32, 318–323.

CAPÍTULO 9

Mejoramiento genético del lino, la colza y el cártamo

Rodolfo Bezus, Lucrecia C. Gieco, Adriana M. Chamorro y Griselda E. Sánchez Vallduví

Introducción

El primer proceso de mejoramiento que sufrió todo cultivo es la domesticación y la selección que los propios agricultores fueron haciendo a través del tiempo, eligiendo las semillas de las plantas más productivas o adaptadas a las diferentes condiciones de crecimiento. Luego esa selección inicial se fue haciendo más precisa, buscando características agronómicas como longitud de ciclo, uniformidad y otras que favorecieran el proceso de producción. Posteriormente, para las distintas especies, se fueron desarrollando planes de mejoramiento genético, utilizando métodos y técnicas adaptadas a las características reproductivas de cada una y a los distintos objetivos planteados.

En este contexto, el **lino**, la **colza** y el **cártamo** sufrieron un proceso similar, pero con diferencias. La importancia que cada uno de ellos fue adquiriendo, a nivel mundial y nacional, incidió en las tareas de mejoramiento de las que fueron objeto. Así, si bien para los tres cultivos se han desarrollado planes de mejora en nuestro país, el más prolongado en el tiempo y que más resultados ha tenido en cuanto a número de materiales genéticos obtenidos y difundidos, es el programa de mejoramiento de lino, que se inició en la sede del INTA EEA Pergamino y, posteriormente, se trasladó al INTA EEA Paraná. El programa de cártamo, con sede en el INTA EEA Las Breñas, duró pocos años, y el de colza, con sede en el INTA EEA Paraná, hace relativamente poco tiempo que está en marcha. Como contrapartida, las actividades de mejora a nivel mundial han tenido mayor importancia en el cultivo de colza, que en el de lino o el de cártamo, lo que se relacionó con una necesidad genuina de algunos países de contar con una oleaginosa adaptada a climas templados o templado-fríos que produjera aceite comestible. Como, además se trataba de países desarrollados, tales como Canadá y Francia, fueron capaces de hacer la inversión necesaria para desarrollar planes de mejora de envergadura. De todos modos, en los tres cultivos las tareas continúan, habiéndose incorporado en las mismas técnicas modernas, basadas en la ingeniería genética, que facilitan o aceleran muchas de las actividades necesarias en el mejoramiento tradicional. Si bien muchos de los objetivos de mejora tradicionales se mantienen, también

se han ido incorporando otros, que inicialmente no se tomaban en consideración, como la obtención de materiales con calidades de aceite diferenciadas, y también mejoras en la calidad de los residuos de la extracción del aceite.

En este capítulo se presentan los principales objetivos y técnicas aplicadas en el mejoramiento genético de estos cultivos, los cuales han permitido ampliar las posibilidades de uso de los mismos y mejorar sus características agronómicas para favorecer su inclusión en los sistemas productivos. Estas actividades se vienen llevando a cabo en programas de mejoramiento de diversas instituciones estatales y privadas. Cabe resaltar la importancia que ha tenido y tiene la participación de los destinatarios en el proceso de formulación de los objetivos, de modo de buscar mejoras en aspectos de sus intereses. En los últimos tiempos, se ha valorizado, además, la necesidad de que en el mejoramiento se planteen objetivos que tiendan a un modelo de producción sustentable (Capítulos 1 y 10).

Mejoramiento genético de lino

El lino es una de las plantas cultivadas más antiguas, y es la única de importancia agrícola de la familia lináceas, familia que consiste en 13 géneros y 300 especies (Heywood, 1978). Su ascendiente más cercano sería el lino silvestre (*Linum angustifolium*), única especie con la cual se cruza fácilmente, la cual tiene el mismo número cromosómico ($2n=30$). Se originó en las regiones del Mediterráneo y el suroeste de Asia (Capítulo 3).

En Argentina se ha desarrollado mejoramiento genético del lino desde 1919, cuando el criadero Klein comenzó a trabajar en el desarrollo de cultivares. A partir de 1925, en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino de INTA se dio comienzo a los trabajos en mejoramiento genético en una institución estatal.

Hasta la década del '80, en el país existían producciones comerciales de lino textil, situadas principalmente en la provincia de Buenos Aires. La progresiva desaparición de este destino de la producción provocó también el abandono de las líneas y variedades aptas para este fin. Las mismas, además de diferencias genéticas en la estructura de la planta, estaban apoyadas en una tecnología agronómica e industrial particular. Dado que la producción actual del cultivo en el país es de lino oleaginoso se hará referencia al mejoramiento genético para dicho destino.

Actualmente, la superficie cultivada es reducida en comparación con otros cultivos extensivos, pero se observa una demanda de este grano en dos mercados diferentes: el primero, como alimento con características nutraceuticas, ya sea como consumo humano directo o para la alimentación de animales de los cuales luego se aprovecharán sus productos y sub productos (huevos, carne, leche) y el segundo, en el uso de su aceite para la fabricación de pinturas, tintas para imprenta, linóleos, etc., productos demandados por su calidad industrial y su origen natural (Capítulo 2).

Hoy, la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná del INTA continúa en el desarrollo de germoplasma, siendo el único lugar en Argentina que tiene programa de mejoramiento del

cultivo. El desarrollo de germoplasma se realiza para lograr un aumento del rendimiento de semilla y aceite por hectárea, mediante la obtención de variedades resistentes a las principales enfermedades, buena capacidad productiva bajo condiciones ambientales estresantes y de fácil cosecha. En los últimos 40 años, producto de las líneas de investigación llevadas adelante en el programa de mejoramiento de la EEA se han liberado al mercado numerosos cultivares: TEZANOS PINTO TARAGÜI (1980), PARANÁ INTA (1980), TAPE PARANÁ INTA (1980), PAISANO INTA (1988), PROINTA OMEGA (1998), PROINTA LUCERO (2000), PROINTA CARAPÉ (2003), CURUNDÚ INTA (2005), PANAMBÍ INTA (2006), CABURÉ INTA (2013) y AGUARÁ INTA (2013). Hoy el programa cuenta con germoplasma desarrollado próximo a su inscripción en los registros de INASE para su comercialización a través de convenios de transferencia de tecnología.

Objetivos de mejoramiento

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo general del programa de mejoramiento actual de INTA es la obtención de cultivares (variedades) de lino (aunque también se ha trabajado en la obtención de híbridos) adaptados a las distintas regiones lineras del país que superen a los existentes en una o más de las siguientes características: rendimiento, sanidad, calidad y resistencia a factores abióticos. Los objetivos específicos que se persiguen son obtención de cultivares:

- de alto potencial de rendimiento
- resistentes al *Fusarium oxysporum* f.sp. *lini* (marchitamiento), *Septoria linicola* (pasma) y *Melampsora lini* (roya del lino)
- con alto contenido en aceite ($\geq 45\%$) de alta calidad industrial (el elevado contenido de ácido linolénico le otorga la propiedad de “secante” para la fabricación de pinturas y barnices), o apto para el consumo humano mediante la modificación del perfil de ácidos grasos (reducción del contenido de ácido linolénico (3%) e incremento del linoleico (72%))
- con madurez uniforme
- resistentes al vuelco, frío y otros factores abióticos

En Canadá se han obtenido variedades conocidas como LINOLA, con contenido reducido de ácido linolénico, que permitieron mejorar la estabilidad a altas temperaturas y bajo contenido de ceras en la semilla (atractivo para procesadores de alimentos para animales). Si bien estos logros en la modificación del perfil de ácidos grasos impactaron positivamente en la superficie cultivada, tanto en Australia como en Canadá, es importante estratégicamente mantener y desarrollar germoplasma tanto con las propiedades naturales secantes de uso industrial del aceite o como fuente para alimentos enriquecidos en omega3 (perfil de ácidos grasos normal) y como generar alternativas como las mencionadas (bajo linolénico), que permitan la diversificación por parte del productor y la industria.

La selección de semillas por color de tegumento claro, con el fin de hacerlas más atractivas para los consumidores es otro objetivo que se ha propuesto, sobre el cual se está trabajando en la actualidad en planes de mejora en la EEA Paraná, Argentina.

Obtención de variabilidad genética

Para cumplir con estos objetivos y obtener nuevos genotipos que superen a los existentes en una o más de estas características, es necesaria la creación de nuevas combinaciones genéticas y para ello se ha realizado la **introducción y evaluación de nuevo germoplasma**, de países que desarrollan trabajos de mejoramiento en lino (por ej. Canadá, Estados Unidos, Francia, Rusia), que posibilitaron ampliar la variabilidad genética, al usarlos como progenitores que poseen características agronómicas o industriales de interés. La **generación de variabilidad genética** se logra mediante la realización de cruzamientos forzados entre progenitores de diversos orígenes, siendo ésta la etapa inicial del proceso en un programa de mejoramiento genético. Los progenitores que participan del bloque de cruzamiento son seleccionados por poseer alguna de las características distintivas (potencial de rendimiento, resistencia a factores bióticos o abióticos, contenido de aceite y perfil de ácidos grasos) que se desean combinar con otras características presentes en otro progenitor e identificar luego en la progenie que estén presentes en un único genotipo. Los cruzamientos pueden ser biparentales o involucrar más progenitores para aumentar la posibilidad de combinar en nuevos genotipos todas las características deseadas.

El lino posee flor completa, hermafrodita. Es autógama, aunque se producen porcentajes variables de polinización cruzada. De acuerdo a Nichterlein (2003) esta especie tiene entre 5 y 10% de fertilización cruzada. Normalmente las flores se abren por la mañana, se produce la fecundación y, hacia el mediodía, los pétalos caen (Capítulo 3).

Para realizar los cruzamientos, una vez elegidos los progenitores se procede a castrar a la planta madre, lo cual se realiza al atardecer, eligiendo algunos pimpollos que vayan a abrir al día siguiente (se deben ver los pétalos enrollados en el extremo de los pimpollos). La flor castrada se rotula para identificarla y la polinización con el polen de la planta padre se realiza a las ocho o nueve horas (a la mañana siguiente) con la flor abierta la que será tapada con una bolsa de papel. Un retardo en la polinización puede determinar una baja producción de semilla, debido a que el polen se seca y deteriora rápidamente. A los tres o cinco días se comprueba si han cuajado las flores castradas.

Otra forma de lograr variabilidad genética es mediante un programa de **mutaciones**, en caso de no contar con la característica deseada en el germoplasma disponible a ser utilizado como progenitores (Green y Marshall, 1984; Rowland, 1991). Precisamente, mediante la inducción de mutaciones, se ha cambiado la composición del perfil de ácidos grasos del lino convencional, como es el caso de una empresa canadiense que ha obtenido con esta técnica genotipos denominados LINOLA™, los cuales poseen una proporción de ácido linoléico muy bajo (aproximadamente 2%). Su semilla es amarilla, con menos del 5% de ácido

linolénico, rica en fibra soluble, posee alta estabilidad oxidativa y su tallo de fibras ideales para producción de papel (resistente y liviana).

Conducción y selección de poblaciones segregantes

Los métodos de conducción y selección durante las generaciones de endocría puede ser cualquiera de los utilizados en los programas de mejoramiento de autógamias (Allard y Montoya, 1978; Fher, 1987; Cubero, 2013): pedigree, masal, SSD (descendencia por semilla única), retrocruzas, con las adaptaciones a las particularidades del lino y los objetivos perseguidos. Un esquema general de conducción de las diferentes generaciones, usado en la EEA Paraná, es el siguiente:

F1 (filial 1): Se cultivan mediante la siembra en surcos en ambientes con las mejores condiciones para poder producir la mayor cantidad de semillas por planta.

F2 (filial 2): Se siembran estas poblaciones en infectario de marchitamiento, caracterizado por una alta presión de inóculo del marchitamiento del lino (producido por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*). Se realiza en esta generación una selección masal dirigida, entre las plantas sobrevivientes al marchitamiento, que tengan el mejor aspecto agronómico.

La resistencia a este hongo es de carácter poligénico y el método más utilizado es la selección de poblaciones segregantes en infectarios donde se siembra todos los años lino. El más antiguo de ellos es el desarrollado en North Dakota State University en Fargo, donde se siembra ininterrumpidamente lino desde 1894. En INTA EEA Paraná se cuenta con un infectario con monocultivo de lino desde hace más de 40 años.

F3 (filial 3): Se siembran en campo de rotaciones, en condiciones normales de cultivo. Se cosechan plantas individuales y se analizan los contenidos de aceite de cada muestra parcelaria, seleccionando más número de individuos en aquellas poblaciones cuya muestra presente mayor contenido de aceite.

F4 (filial 4): Se siembran nuevamente en infectario de marchitamiento. Se toman observaciones de resistencia a esta enfermedad. Se realiza una selección masal dirigida, entre las plantas sobrevivientes (o con pocos síntomas) de mejor aspecto agronómico.

F5 (filial 5): Se siembran en campo de rotaciones, en condición normal de cultivo, donde se cosechan plantas individuales y el resto, masalmente. Se realizan análisis de contenido de aceite. Simultáneamente se siembra una parcela en campo infectario para evaluar el comportamiento a marchitamiento.

F6 (filial 6) y filiales siguientes: Se siembran parcelas en campo de rotaciones y en infectario de marchitamiento. En las primeras se seleccionan plantas individuales o parcelas completas. Se realiza análisis de aceite.

Este esquema es dinámico y puede permitir modificaciones, especialmente para objetivos que tienen en cuenta aspectos de calidad.

Para el resto de las enfermedades de importancia para el lino, cuando las líneas son homogotas se caracterizan en ensayos en condiciones normales de cultivo y en algunos casos se hacen inoculaciones para evaluar específicamente roya.

Evaluación del material avanzado e inscripción de nuevas variedades

A partir de F7 (cuando las líneas cuentan con más del 99% de homocigosis) las líneas seleccionadas de cada población se evalúan en ensayos comparativos de rendimiento, con un diseño estadístico apropiado y en diferentes fechas de siembra. Posteriormente, el germoplasma más avanzado, seleccionado por su desempeño en estos ensayos, será sembrado en ensayos regionales, en varias localidades para poder realizar, en base a sus rendimientos, adaptabilidad y características agronómicas generales, la definitiva selección para su eventual inscripción como nueva variedad.

Entre las características agronómicas que se tienen en cuenta para seleccionar las líneas que se ensayan, se debe mencionar que se pretende obtener genotipos con uniformidad a la madurez, que posibilite la cosecha directa sin corte e hilerado, con escaso o nulo rebrote. Los genotipos con esta característica (rebrotado) una vez que sus cápsulas alcanzan la madurez, continúan con la floración y producción de nuevas cápsulas, obteniendo un cultivo muy desuniforme en su fenología, por esto es que se busca que los cultivares no rebroten en estado avanzado de su desarrollo. En cuanto a la dehiscencia, se pretende una adecuada indehiscencia, es decir, que permita la trilla con facilidad pero que no sea excesivamente dehiscente y se produzca el desgrane en planta ante demoras en la cosecha. En cuanto al ciclo vegetativo, se está trabajando para obtener genotipos más precoces que los actualmente disponibles, para tener la opción, ante la necesidad, de liberar el lote más temprano, de acuerdo a la rotación prevista. En cuanto a la altura de plantas, característica que depende del ambiente, la fecha de siembra y densidad, además del genotipo, debe permitir alcanzar altos rendimientos por el desarrollo de la planta, pero evitando el riesgo de vuelco (60-80 cm).

Por su parte, para la inscripción de nuevas variedades se cumplirá con los requisitos exigidos por el Instituto Nacional de Semillas (INASE), para el registro de cultivares y el Registro de propiedad de cultivares.

Multiplicación de semilla de nuevas variedades

La multiplicación de los genotipos seleccionados se realiza desde el momento de la selección de los mismos para su evaluación en ensayos comparativos de rendimiento. De este modo, cuando el material esté listo para ser inscripto, simultáneamente se dispondrá de suficiente cantidad de semilla para entregar al multiplicador designado (mediante un convenio de transferencia de tecnología) para su posterior incremento y venta.

Para conservar la pureza varietal se puede proceder de acuerdo al siguiente esquema:

1. Se seleccionan 100 plantas que respondan a las características del cultivar. Se realiza en forma individual la trilla y limpieza de cada planta.
2. Se siembran 100 surcos de progenie y se cosechan individualmente los surcos cuyas plantas presentan características uniformes similares a la descripción original (descriptor presentado ante INASE).
3. Se siembra la semilla genética en parcelas individuales provenientes de los surcos seleccionados el año anterior y se realiza el control de pureza. Se cosechan las parcelas seleccionadas.
4. Se siembra la semilla prebásica, y se realiza control de pureza.
5. Se siembra la semilla fundadora y se realiza control de pureza. Se cosecha la semilla original.

Herramientas de biotecnología

Un programa de mejoramiento con técnicas convencionales, como el descrito arriba, puede ser asistido con herramientas de biotecnología para lograr mayor eficiencia. Dentro de estas herramientas, se pueden mencionar el cultivo de anteras, mediante el cual es posible obtener líneas homocigotas doble haploides en menor tiempo (1 a 2 generaciones) (Lassaga et al., 2004; Bretón et al., 2007; Lassaga et al., 2010). También, es posible lograr mayor eficiencia al realizar selección asistida por marcadores moleculares de ADN, identificando tempranamente (en plántula) y con precisión, genotipos portadores de una variante alélica asociada a la resistencia a un patógeno (Hausner et al., 1999^a; 1999b) o a una característica de calidad (Devinar et al., 2010).

A nivel mundial se encuentran disponibles marcadores moleculares de distintos tipos para caracterizar y seleccionar germoplasma, dentro de los cuales se puede mencionar: RAPD (*Random amplified polymorphic DNA*), RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*), AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) y SSR (*Simple Sequence Repeat*).

Conservación de variabilidad genética en el mundo

La variabilidad genética de la especie se encuentra representada y conservada en Bancos de germoplasma en distintos países. Diederichsen (2007) lista en su publicación 33 instituciones que contribuyen a preservar el germoplasma. Estos bancos de germoplasma se encuentran en Rusia, Canadá, Etiopía, Estados Unidos, Rumania, China, República Checa, Alemania y Argentina, entre otros. El Instituto N. I. Vavilov en San Petersburgo contiene más de 3000 accesiones que representan variedades locales recolectadas antes de la Segunda Guerra Mundial (Diederichsen, 2007). En Argentina, la colección se encuentra en el Banco de germoplasma del Instituto de Recursos Biológicos del INTA (Castelar).

Mejoramiento genético de colza

Origen y difusión del cultivo

La colza pertenece al género *Brassica*, al cual, además de especies oleaginosas, también pertenecen otras especies de uso hortícola y aromático. La colza puede pertenecer a las especies botánicas *Brassica napus*, *Brassica campestris* (= *Brassica rapa*) o *Brassica juncea* (Giayetto, 1995).

Estudios realizados por U (1935) determinan que las especies con mayor número de cromosomas (*B. napus*, *B. juncea* y *B. carinata*) derivan por el camino de la anfiploidía de las especies diploides *B. nigra*, *B. campestris* y *B. oleracea* (Figura 9.1).

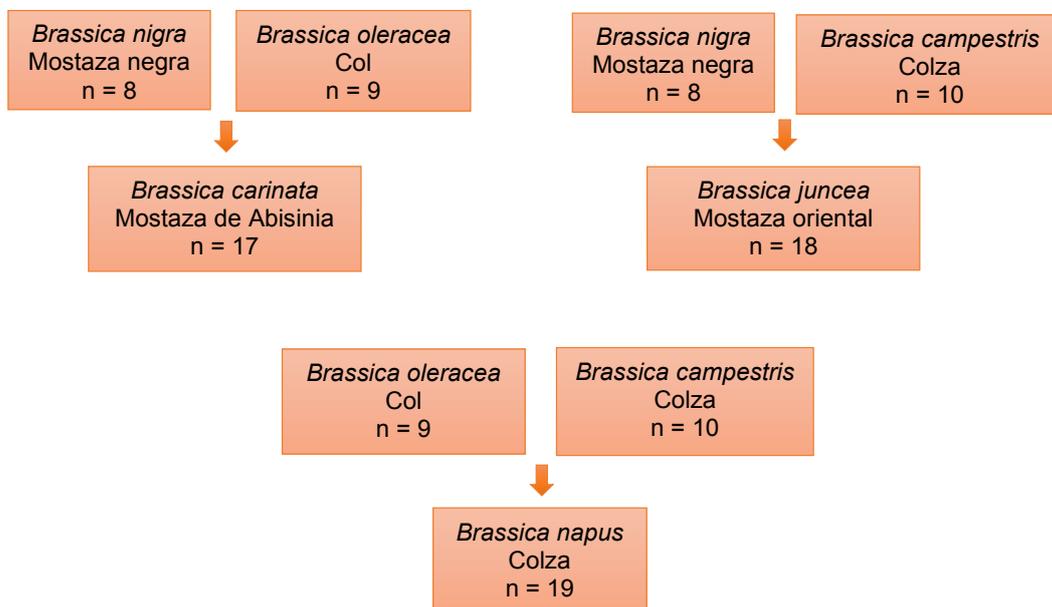


Figura 9.1: Relaciones filogenéticas entre las especies de *Brassica* que originaron la colza

Se ha determinado que *B. campestris* y *B. oleracea* tienen un origen común y diferente al de *B. nigra*.

Brassica campestris sería originaria del Himalaya, con centros secundarios de dispersión en Europa, Asia Central y Cercano Este. La forma oleaginosa parece tener un segundo centro de origen en Asia. Se cree que el cultivo de la forma oleaginosa comenzó en Europa en el siglo XIII, como fuente importante de aceite para lámparas. Sin embargo, se sabe que los romanos conocían la colza en el norte de Francia y probablemente ellos la introdujeron en Gran Bretaña, indicando que en Europa la colza existió mucho antes de que se empleara como oleaginosa.

Brassica napus al ser el cruzamiento interespecífico de *B. campestris* y *B. oleracea*, debió originarse donde las dos especies progenitoras crecieron en estrecha proximidad (Giayetto, 1995). Según distintos autores, esto pudo suceder en la región mediterránea o en el norte de Europa. Aunque las formas oleaginosas de colza se hallaban en Europa en la Edad Media, no

se sabe con certeza a qué especies pertenecían. Sin embargo, a principios del siglo XIX, se reconocía la existencia de la colza británica (*B. napus*) y de la colza continental (*B. campestris*).

Durante la segunda guerra mundial las principales fuentes de aceite sufrieron serios daños, especialmente en el Lejano Este, por lo que Inglaterra y Francia destinaron importantes esfuerzos en la búsqueda de nuevas fuentes. En esa época comienza la expansión del cultivo en el norte de Europa iniciando Inglaterra evaluaciones agronómicas en 1948, comenzando la producción comercial en 1950.

En Canadá, la producción de colza se inició en la década del '40. Semillas de *B. napus* provenientes de Argentina y de *B. campestris* proveniente de Polonia fueron la base de la expansión del cultivo en ese país (Canola Council of Canada, 2021a).

En la década de los '70, Canadá y Europa trabajaron en la selección de cultivares con bajos tenores de ácido erúxico, lográndose ese objetivo a fines de esa década. Las variedades mejoradas, con bajo contenido de ácido erúxico y glucosinolatos en la semilla, se denominaron "00" o "doble cero" en Europa, y CANOLA (CANadian Oil Low Acid) en Canadá.

En Argentina se realizaron trabajos para la introducción de este cultivo desde la década del '50 y hasta la actualidad a instancias de organismos estatales (INTA, Chacras experimentales Junta Nacional de Granos, Universidades) y privados (compañías semilleras), en la mayor parte de los casos con buenos resultados agronómicos, pero con limitaciones en la adopción del cultivo por parte de los productores.

Reseña del mejoramiento genético en colza

Las tareas de mejoramiento más importantes se realizaron, y se realizan actualmente, en Europa y Canadá, habiéndose incorporado recientemente Australia como centro importante. En las primeras etapas los planes se orientaron a objetivos agronómicos como rendimiento, resistencia a vuelco, tamaño de semilla, uniformidad de maduración, menor dehiscencia de silicuas y mayor contenido de aceite. Posteriormente y atendiendo al mercado más importante del aceite se comenzó a trabajar en aspectos vinculados a la calidad del aceite y de la harina. Así, el primer cultivar inscripto con bajo contenido en ácido erúxico se llamó Oro. Luego se liberó Tower que presentaba bajo ácido erúxico y bajo contenido de glucosinolatos (Anónimo, 1991). También se han obtenido cultivares con características particulares del aceite para usos específicos como son las de bajo contenido de ácido linolénico, o alto contenido en ácido oleico o láurico. Más recientemente se obtuvieron variedades tolerantes a diversos herbicidas como triazinas, glifosato y glufosinato de amonio (Canola Council of Canada, 2021a).

En Argentina se vienen utilizando variedades introducidas de Europa y Australia. En el año 2007 se inició en el INTA un programa de mejora de colza con el objetivo de obtener variedades de alto rendimiento adaptadas a diferentes zonas y con resistencia a enfermedades, en especial a *Phoma lingam* (Milisich et al., 2014). Como resultado en 2016 se registró la primera variedad de Argentina denominada Macacha INTA. Se trata de una variedad primaveral de ciclo

intermedio, buen comportamiento sanitario y calidad. En 2021 se inscribió el cultivar Delfina INTA, de ciclo más corto que la anterior.

Objetivos del mejoramiento

Los objetivos de la mejora en colza como en otros cultivos, se orientaron al logro de mayores rendimientos y calidad del aceite y de la harina. Para lograr la expresión de los rendimientos a campo, además, se han considerado aspectos relacionados con su adaptabilidad a los diferentes ambientes de cultivo. Algunos de los principales objetivos a los que se han abocado los programas de mejora han sido (Canola Council of Canada, 2021a):

- Selección por rendimiento y calidad
- Tolerancia al estrés hídrico
- Tolerancia al estrés por exceso de humedad
- Tolerancia a las heladas en implantación y floración
- Eliminación de semilla verde
- Eficiencia en el uso de nutrientes
- Bajo contenido de ácidos grasos saturados
- *B. napus* de ciclo corto
- Tolerancia a herbicidas
- Resistencia a enfermedades
- Resistencia a insectos
- Tolerancia de plántulas a temperaturas frías para mejorar la germinación y emergencia
- Híbridos de mayor rendimiento
- Tolerancia a la rotura y caída de las silicuas

Selección por rendimiento y calidad

Si bien al principio los trabajos se orientaron a mejorar las características relacionadas con la calidad (reducción de los contenidos de ácido erúrico y glucosinolatos), los ensayos permitieron seleccionar, al mismo tiempo, variedades con buenos potenciales de rendimiento (Canola Council of Canada, 2021a).

Para mejorar la productividad de la colza, la selección luego se orientó hacia el uso de variedades híbridas, pero debido a su autogamia predominante, su producción requirió el desarrollo de un control de la polinización, el cual se logró a través de la esterilidad genético citoplásmica. La macho esterilidad fue encontrada en *Raphanus sativus* y transferida a *Brassica oleracea* y *B. napus* (Bannerot et al., 1974; Pellan-Delourme y Renard, 1988). Se estima que los híbridos incrementan el rendimiento en un rango de entre 15% y 45% en comparación con las mejores variedades (Cailliez, 1991; Canola Council of Canada, 2021a).

Arnaud (1989) estableció que mejorar la productividad de la colza requiere también considerar el contenido de aceite de la semilla, buscando valores superiores a 47%, y el contenido de

proteína, buscando que los progenitores para este rasgo posean más de 49% de proteínas en la harina. Ambos caracteres cuentan con buena heredabilidad. El contenido de aceite y el contenido de las proteínas están correlacionados negativamente, por lo que debe considerarse una selección combinada (Grami et al., 1977). Las variedades actuales presentan contenidos de aceite superiores a 49% (Rebora et al., 2007).

Antes de la aparición de las variedades canola, el aceite de colza se caracterizaba, por su alto contenido de los ácidos erúcico (C20:1), erúcico (C22:1) y linolénico (C18:3) y por su bajo tenor comparativo de palmítico (C16:1) y linoleico (C18:2). Es conocido que el ácido erúcico favorece la deposición de grasa en músculos, además de provocar ciertas lesiones en el miocardio. Alto contenido de ácido linolénico no es problema desde el punto de vista nutricional, pero por su triple doble ligadura provoca oxidación y mal gusto en margarinas almacenadas (Perea Muñoz, 1992). Por otro lado, era deseable un aumento en el ácido linoleico, esencial para el consumo humano y, también del palmítico, muy importante para la estabilidad de las margarinas (Rakow et al., 1987). También se ha buscado mejorar el contenido de ácido oleico aplicando selección recurrente e incrementar el contenido de ácido palmítico utilizando haploidización.

La reducción del ácido erúcico desde un 40-50% en los materiales originales a alrededor de un 2%, generó paralelamente efectos en el porcentaje de los otros ácidos grasos. De este modo, se registró un aumento en los tenores de ácido oleico que pasó de 11-17 a 56-58% y también del ácido linoleico que se incrementó de 11-18 a 23% (Perea Muñoz, 1992).

Como resultado, hoy existen en el mercado cultivares caracterizados por diferentes calidades de aceite, obtenidas con las técnicas tradicionales de mejoramiento (Perea Muñoz, 1992).

La harina de colza tiene un alto tenor de proteína (40-43%) y su composición es complementaria a la de la soja por contener menos lisina y más metionina y cistina. Es importante tener en cuenta que el contenido proteico va acompañado de compuestos azufrados conocidos como glucosinolatos que forman parte de la fracción glucídica del grano y que no son deseables (Perea Muñoz, 1992; IASCAV, 1993).

El contenido de glucosinolatos inicialmente era del orden de 70 a 190 micromoles por gramo (o ppm). Con el descubrimiento de una variedad con 12 micromoles por gramo se realizaron cruzamientos para la transferencia de este carácter. Se logró que las variedades actuales de canola registren tenores inferiores a 30 micromoles por gramo (Perea Muñoz, 1992). Sin embargo, debe considerarse que esta característica tiene fuerte influencia ambiental y también puede ser modificada por distintos aspectos del manejo del cultivo (IASCAV, 1993).

Selección por adaptación al ambiente

Para el logro de la expresión del potencial genético en las líneas seleccionadas es necesario considerar y evaluar su comportamiento en relación al ambiente de cultivo y frente a los organismos reductores del rendimiento (Nabloussi, 2005).

En la mejora para la obtención de resistencia genética a las adversidades deben considerarse las **enfermedades** y la disponibilidad de variabilidad genética utilizable. Un ejemplo es el caso de la resistencia a la necrosis de la base del tallo (*Phoma lingam*). Para otras enfermedades,

como las producidas por *Alternaria* y *Sclerotinia*, la selección es menos eficiente (Brun et al., 1989). La selección se realiza generalmente en el campo con contaminación natural o con rastrojo en parcelas de prueba y en viveros.

En el caso de *Alternaria brassicae* la falta de variabilidad para la resistencia impulsó programas de cruzamientos interespecíficos con especies como *Sinapis alba* (Primard et al., 1988).

Para la resistencia a *Sclerotinia sclerotiorum*, algunos cultivares japoneses (Genkaï, Miyuki) muestran una resistencia parcial y se pueden utilizar como progenitores en programas de haplodiploidización.

La mejora genética para la adaptación al ambiente y manejo debe considerar el **vuelco** como una característica de importancia y para ello se ha trabajado en ideotipos de menor altura. Existe alta variabilidad para este carácter que es muy heredable. Además, se han encontrado genes de enanismo originados en mutaciones naturales o inducidas en colza (por acción química o por radiación). Por otro lado, se dispone de variabilidad y se ha trabajado en la adaptación de la planta a la **sequía** (Nabloussi, 2005).

Para contribuir al manejo de malezas se ha logrado la transferencia de **resistencia a herbicidas** en la búsqueda de resolver la siembra en lotes con malezas crucíferas, las cuales no pueden controlarse con herbicidas en cultivos de colza tradicionales. Primeramente, se logró la resistencia a las triazinas a partir de una mutación encontrada en *B. campestris*. Sin embargo, los rendimientos de las variedades resistentes a triazinas son alrededor de un 20% menor que los de las variedades convencionales.

En 1995, se registró la primera *Brassica napus* tolerante a imidazolinonas obtenida por mutagénesis. Luego se lograron las resistencias a glifosato, glufosinato de amonio y bromoxynil (Canola Council of Canada, 2021a).

Técnicas de mejoramiento

Brassica napus es considerada una especie autógena, aunque en la realidad se comporta como una especie de reproducción mixta (Soengas et al., 2013), con un porcentaje de fecundación cruzada que puede oscilar entre 20 y 40% (Canola Council of Canada, 2021b). Esta variabilidad se relaciona tanto con el genotipo como con el ambiente ya que, si bien la flor de colza es autofértil, en condiciones naturales puede ser polinizada por polen externo transportado por insectos y viento. Las flores abren a la mañana y a medida que los pétalos se despliegan por completo, el polen se desprende y dispersa tanto por el viento como por los insectos. Las flores permanecen receptivas al polen hasta tres días después de abrirse. Por la noche, la flor se cierra parcialmente y se abre de nuevo a la mañana siguiente. La fertilización ocurre en las 24 horas posteriores a la polinización. Después de la polinización y fertilización, la flor permanece parcialmente cerrada y los pétalos se marchitan y caen. Al día siguiente de la caída de los pétalos puede verse la pequeña silicua (Canola Council of Canada, 2021a).

Los principales avances en el mejoramiento de este cultivo han sido logrados a través de prácticas de mejoramiento tradicional para plantas alógamas. Sin embargo, en los últimos años también ha sido objeto de estudio por medio de técnicas más avanzadas a través del uso de marcadores moleculares y de la ingeniería genética.

En el **mejoramiento tradicional**, se recomienda la selección genealógica con autofecundación forzada con sobres de papel y aisladores de tela en cada generación. La endocría permite seleccionar genotipos homocigotos con las características deseadas. Esta técnica puede provocar, sin embargo, una disminución de las características deseables y es por eso que se cruzan líneas seleccionadas para dar origen a variedades sintéticas.

Para iniciar la selección genealógica es necesario generar variabilidad mediante hibridaciones emasculando las flores de plantas madres y polinizando con el polen de plantas padres.

Otra alternativa, usada sobre todo para la obtención de nuevos tipos de aceites, es la inducción de mutaciones para crear nueva variabilidad genética.

En la búsqueda de resistencia a enfermedades como *Leptosphaeria maculans/Phoma lingam* y *Sclerotinia sclerotiorum* se trabaja paralelamente en cámaras de crecimiento controlado y con evaluaciones a campo.

El comportamiento de los materiales logrados debe ser luego evaluado en ensayos comparativos de rendimiento en las áreas posibles de difusión.

Los trabajos de mejora además incluyen el manejo de poblaciones mediante selección masal o recurrente para mejorar aspectos relacionados a la adaptabilidad, ciclo y comportamiento agronómico.

Con el hallazgo de la esterilidad masculina citoplasmática en la década del '70 se comenzó a trabajar en la **obtención de híbridos**. Los primeros híbridos se obtuvieron en Australia en 1983, evaluándose tanto en Australia como en Canadá. En 1986 se obtuvieron los primeros híbridos que se comercializaron en Canadá siendo sus características más salientes: mayor vigor inicial y precocidad, floración y maduración más uniforme, mayor resistencia a la dehiscencia, mayor rendimiento, mayor resistencia a enfermedades, mayor índice de cosecha y menor tendencia al vuelco (Anónimo, 1991).

Los trabajos de producción de híbridos utilizaron métodos como la esterilidad masculina citoplasmática (CMS). Se halló el sistema de control de la fertilidad por una interacción entre el núcleo celular y el citoplasma. Los sistemas CMS para la hibridación de colza dependen de una mutación en ciertos cuerpos citoplasmáticos que resultan en una falla en el desarrollo funcional de polen o anteras. El uso de CMS permitió a los mejoradores contar con plantas que no producen polen, no liberan el polen o producen polen que no puede provocar la autofecundación. El sistema para la producción de híbridos tiene tres componentes: una línea A androestéril, una línea mantenedora B y una línea restauradora R (Figura 9.2). La línea materna se multiplica mediante el cruzamiento con la línea mantenedora. La restauradora asegura la fertilidad del híbrido al aportar los genes de restauración. A partir de la difusión del híbrido Hyola 40 este tipo de variedades ha crecido en la adopción.

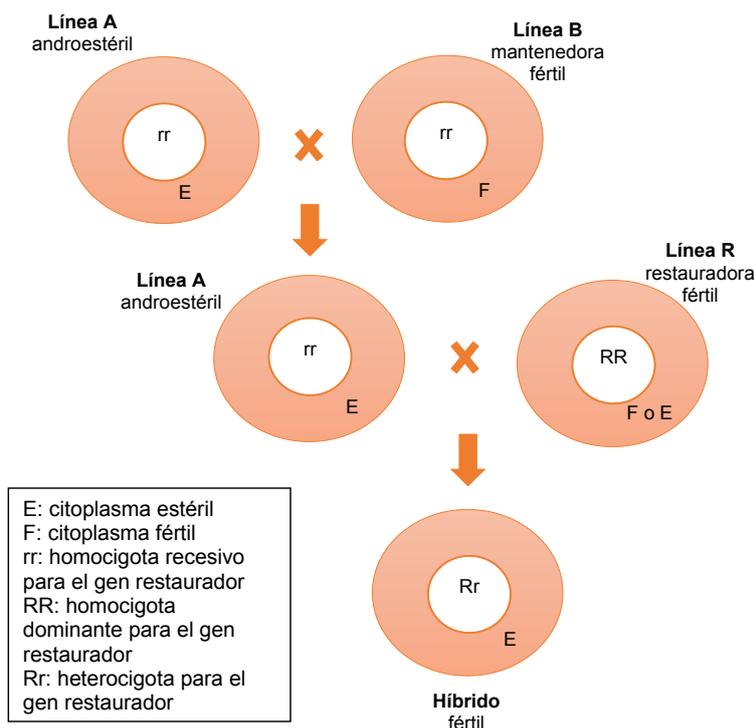


Figura 9.2: Esquema de producción de híbridos utilizando esterilidad masculina citoplasmática

En cada línea y en el híbrido, el círculo blanco representa el núcleo y su constitución genética, y el de color representa el citoplasma y su información genética

Plant Genetic Systems en Bélgica desarrolló un nuevo sistema de hibridación mediante biotecnología. Este sistema usa una línea parental masculina estéril que no produce granos de polen viables, característica determinada por un gen que se ha insertado en la misma, obtenido de una bacteria del suelo. Paralelamente, utiliza otra línea parental a la cual se le incorporó otro gen de la misma bacteria que restaura la fertilidad, por lo que el híbrido es fértil. Con este sistema se crearon los híbridos llamados Liberty a los que, además, se les incorporó la resistencia a glufosinato de amonio (Canola Council of Canada, 2021a).

Otro tipo de cultivares que se han desarrollado en colza son las **variedades sintéticas** donde es posible un aprovechamiento de la heterosis. Este tipo de cultivares se genera mezclando semillas de varias líneas para generar una población que se utiliza como sintética certificada. Comúnmente se utilizan dos o tres líneas parentales. Las variedades sintéticas presentan, además de heterosis, una mejor estabilidad frente a la gama de condiciones ambientales en las que puede cultivarse.

Otra categoría de semillas comercializadas, sobre todo en Europa, son las conocidas como **asociación varietal**, que están compuestas mayoritariamente por un híbrido que se mezcla con un cierto porcentaje de semilla de otro genotipo que actúa como polinizador. Esto permite explotar el potencial genético de los híbridos aun cuando presenten problemas en la producción de polen.

El mejoramiento convencional está siendo asistido por **técnicas de biología molecular y biotecnológicas**. El uso de tecnología de RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) ha

permitido conocer el genoma de la especie y manipularlo. En el caso de la colza se han desarrollado mapas de ligamiento RFLP para *B. napus* y para *B. campestris*.

Esta técnica permite también detectar genomas con mayores contenidos de padre recurrente luego de una retrocruza para un nuevo ciclo de retrocruza y la detección y seguimiento de caracteres difíciles de medir o cuantitativos como resistencia a enfermedades, autoincompatibilidad o tolerancia a estreses. Además, permite la caracterización genotípica de líneas o variedades. El cultivo de microsporas se utiliza para la producción de plantas doble haploides a partir de microsporas logrando una progenie de líneas puras.

La tecnología de transformación permite identificar, aislar y clonar genes para luego incorporarlos en plantas usando vectores y protocolos de transformación. En colza se usa con la finalidad de obtener resistencia a insectos (*Bacillus thuringiensis*), a herbicidas (glifosato, glufosinato de amonio), modificaciones en la composición del aceite de las semillas por manejo enzimático, y modificación en la composición proteica de la semilla (composición de aminoácidos alterada y bajo nivel de glucosinolatos).

Mejoramiento genético de cártamo

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertenece a la subtribu *Centaureinae*, tribu *Cardueae* (cardos), subfamilia *Tubuliflorae* y familia *Asteraceae* (Compositae) (Kumar, 1991). Se ha cultivado durante siglos desde China hasta la región del Mediterráneo y a lo largo del valle del Nilo hasta Etiopía (Singh y Nimbkar, 2005). Se trata de una oleaginosa cultivada por sus semillas y por sus flores. De las flores se extrae un colorante para uso industrial y culinario. El aceite es comestible, tiene aplicaciones medicinales y puede ser usado como biocombustible (Dajue y Mündel, 1996). Para el consumo humano, presenta un alto nivel nutricional al contar con una adecuada combinación de ácidos grasos (GRDC, 2017).

El cártamo se ha utilizado, inicialmente, para obtener cartamina de las flores. Este pigmento fue utilizado para colorear el algodón y la seda o alimentos (Dajue y Mündel, 1996; Ekin, 2005). Sus flores y aceite han sido utilizados con fines terapéuticos (Ekin, 2005; Emongor, 2010). A partir del conocimiento de la calidad del aceite se incrementó el interés por el cultivo (Capítulo 2).

El aceite de cártamo como comestible creció a partir de su valoración basada en su alta calidad nutricional (Mündel et al., 2004). La calidad del aceite se debe al alto contenido de ácido linoleico (77%) al que se agregan ácido oleico (15%) palmítico (8%) y esteárico (3%) (Baümler, 2002; Coşge et al., 2007). Se han obtenido, además, variedades alto oleico que producen un aceite comparable al de oliva (GRDC, 2017).

Origen

El género *Carthamus* posee muchas especies silvestres y malezas parientes de *Carthamus tinctorius* y aún hacen falta investigaciones para dilucidar aspectos del número de cromosomas original del género *Carthamus* y la distancia genética entre las especies silvestres (Kumar, 1991).

Knowles (1969) agrupó las especies utilizando "centros de similitud" para siete regiones que no son centros de diversidad u origen, sino de tipos de cártamo notablemente similares. Ashri (1973), estudió características morfológicas de 2000 accesiones de cártamo de 30 países, modificó la lista de Knowles (1969) y agregó otros tres centros. Más recientemente, López-González (1989) trabajó en una nueva clasificación del género en la cual los géneros *Carthamus* y *Carduncellus* son reemplazados por cuatro nuevos géneros: *Phonus*, *Lamottea*, *Carthamus* y *Carduncellus*. En esos géneros las respectivas especies tipo son: *Carthamus arborescens*, *Carthamus caeruleus*, *Carthamus tinctorius* y *Carduncellus monspeliensis*. Las especies de los géneros *Phonus*, *Lamottea* y *Carduncellus* son todos clasificados como perennes y tienen 24 cromosomas. Al género *Carthamus* lo componen especies anuales con 20, 22, 24, 44 y 64 cromosomas, incluidos varios alopoliploides.

El género *Phonus* se ubica España, Portugal y norte de África; *Lamottea*, en el Mediterráneo, *Carthamus* en el oeste y centro de Asia y el Mediterráneo y *Carduncellus* en la zona del Mediterráneo, norte de África, Egipto e Israel (Palestina).

Objetivos del mejoramiento

La mejora genética del cártamo se orientó a mejorar el rendimiento, el aceite y características agronómicas asociadas especialmente a la resistencia a enfermedades, insectos y estreses abióticos. Los trabajos de mejora se concentraron en aprovechar la variabilidad existente en los cultivos comerciales, pero también se trabajó con cruzamientos con otras especies (Ashri y Knowles, 1960). Especies silvestres como *Carthamus oxyacanthus*, de Afganistán y *Carthamus lanatus* o cardo azafrán, de Etiopía, han sido utilizados para la generación de germoplasma y variedades (Dajue y Mündel, 1996).

Por otro lado, las limitaciones para su cultivo dadas por la susceptibilidad a enfermedades y los caracteres que se relacionan a su adaptabilidad a los estreses hídricos y salinos se han considerado prioritarios. En su mejoramiento se han obtenido avances con la aplicación de métodos clásicos y, luego, con la utilización de técnicas biotecnológicas. Utilizando técnicas de ingeniería genética se ha logrado introducir resistencia a enfermedades como la mancha foliar producida por *Alternaria* (Matern y Kneusel, 1993). Otro ejemplo de la aplicación de esta técnica es el desarrollo de cártamo modificado genéticamente para producir quimosina bovina en sus semillas, aprobado en Argentina en 2017 (SENASA, 2017).

Los principales objetivos en los que se ha trabajado en el cártamo se enumeran a continuación y derivan de las principales limitantes que se presentan para su cultivo. Así, si bien

el rendimiento de semilla es el objetivo principal, es necesario contemplar características prioritarias como son el comportamiento frente a enfermedades, patrones de desarrollo, características morfológicas y tolerancia a estrés, ya que definen la probabilidad de llegar con éxito al término del cultivo.

- Rendimiento
- Resistencia a enfermedades e insectos
- Ciclo. Precocidad. Duración de la etapa de roseta
- Dormición de las semillas en la maduración
- Ideotipos: reducción de espinas, ángulo de las ramificaciones, espesor de la cáscara
- Resistencia al estrés: sequía, salinidad y frío
- Calidad del aceite
- Calidad de la harina
- Eliminación de sustancias tóxicas
- Cártamo doble propósito: oleaginoso y forrajero

Se conoce que existe variabilidad para mejorar el rendimiento. Golkar et al. (2011) demostraron esta afirmación realizando diseños genéticos que produjeron híbridos F1 de alto rendimiento mediante cruces dialélicos.

El cártamo es muy susceptible a diferentes patógenos como hongos, bacterias y nemátodos. Este cultivo proviene de especies silvestres del desierto o ambientes áridos por lo que es afectado por distintos patógenos cuando se lo traslada a ambientes con mayor humedad. Las principales enfermedades del cártamo podrían ser manejadas con la ayuda de la resistencia en combinación con adecuadas prácticas culturales (Mündel y Huang, 2003).

En las variedades de cártamo, puede encontrarse variabilidad a la respuesta del ataque de la mancha foliar producida por *Alternaria carthami*, y a la roya (*Puccinia carthami*). Otras enfermedades foliares que deben considerarse son *Botrytis cinerea*, *Cercospora carthami*, *Pseudomonas syringae* y *Ramularia carthami* (Dajue y Mündel, 1996).

En la búsqueda de resistencia, se ha trabajado en campos naturalmente infestados con enfermedades para aplicar selección masal. Como resultado se obtuvieron cultivares con resistencia mejorada a la mancha foliar producida por *Alternaria carthami* y al tizón bacteriano (*Pseudomonas syringae*). Estas líneas se cruzaron con cultivares comerciales y se obtuvieron cultivares como Girard, con buena resistencia a la *Alternaria* en condiciones de campo (Bergman et al., 1989).

Entre las enfermedades vasculares, son importantes a nivel mundial las producidas por varias especies de *Phytophthora*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *carthami* y *Verticillium dahliae* debido a la severidad de sus daños. La resistencia a estos patógenos debe ser estudiada en mayor detalle. No obstante ello, Rubis (1981) utilizó programas de selección recurrente en cártamo para obtener líneas altamente resistentes a la podredumbre de la raíz causada por *Phytophthora* spp. Este método fue desarrollado para crear una alta presión de selección con el fin de seleccionar nuevas recombinaciones genéticas con alta resistencia al patógeno.

También aparecen como prioritarios los trabajos que aborden modificaciones de los ideotipos en aspectos relacionados a los componentes de rendimiento (Dajue y Mündel, 1996).

Las semillas presentan un porcentaje de aceite de 25-37% y resulta importante la selección de líneas con cáscara fina que permita llevarlo a 46-47%. Además del espesor de la cáscara se considera la herencia para la presencia de papus, pigmentación de cotiledones, control de la latencia, índice de iodo y contenido de fibra (Golkar, 2014).

La calidad del aceite, referida a la composición de ácidos grasos, se ha mejorado manipulando el proceso sintético de los ácidos oleico y linoleico. Si bien la composición original del aceite de cártamo se caracteriza por un alto contenido de ácido linoleico, entre otras causas para mejorar su estabilidad, se ha trabajado en la obtención de variedades con mayor contenido de ácido oleico. Es así como actualmente conviven dos mercados paralelos para las variedades “alto oleico” y “alto linoleico”. Se ha demostrado que los contenidos de ácido oleico, linoleico y esteárico está controlados por tres genes (*ol ol*, *li li* y *st st*, respectivamente), que son genes mayores recesivos ubicados en diferentes loci (Dajue y Mündel, 1996).

Entre las características de la planta que son objetivo de mejora, surgen como importantes el largo de la floración, el número de capítulos por planta, el número de ramificaciones primarias y secundarias y la longitud del ciclo del cultivo. Estas características se relacionan con el rendimiento y manejo del cultivo. La reducción de la altura ha sido otra de las características en las que se ha trabajado en la mejora. No se encontró correlación muy significativa entre rendimiento, altura y ciclo, lo que indica la posibilidad de trabajar con ciclos cortos y planta de baja altura (Montoya Coronado, 2010). La presencia de espinas en la planta es un carácter sobre el cual trabajar para mejorar la eficiencia de la tecnología de cultivo (Golkar, 2014).

Métodos de mejoramiento

El cártamo es una planta predominantemente autógama, pero puede llegar a un 50% de alo-gamia en determinadas condiciones y por la acción de insectos. La técnica para realizar cruza-mientos dirigidos requiere cuidados especiales por tratarse de una inflorescencia, en la cual las flores están encerradas dentro del capítulo. Se debe trabajar sobre botones florales ya avanza-dos, cortando la mitad de las brácteas para descubrir las flores y emasculando con pinzas espe-ciales. Los capítulos se cubren con sobres de papel para evitar la desecación y aporte de polen extraño y, al día siguiente, cuando los estigmas se elongan, se polinizan con el progenitor selec-cionado previamente y se vuelven a cubrir (Montoya Coronado, 2010).

Para la mejora se trabaja por lo general con el método de pedigree o genealógico y modifica-ciones a partir de poblaciones segregantes. Este método permite avances en caracteres como ciclo y resistencia a enfermedades. El método de retrocruza es muy utilizado para incorporar caracteres específicos como resistencia a enfermedades en las variedades comerciales.

Como ya se mencionó la selección masal, en campos naturalmente infectados con enferme-dades, y la selección recurrente, han sido utilizadas para mejorar resistencia a enfermedades.

La esterilidad masculina genética fue identificada por Heaton y Knowles (1982) fue considerada para la producción de híbridos en cártamo, pero la necesidad de eliminar las plantas fértiles masculinas lo hace muy costoso por lo que no prosperó. Los híbridos han superado ampliamente el rendimiento promedio de las variedades (127%) obteniendo también mayores niveles de aceite con valores que superan el 40% (Dajue y Mündel, 1996). Sin embargo, si bien se han identificado fuentes de androesterilidad citoplasmática aún no se ha podido generar un sistema eficiente para la producción de híbridos a gran escala (Deshmukh et al., 2014).

En Argentina, el INTA realizó trabajos de mejoramiento tratando de mejorar el rendimiento, la resistencia al frío y buscando alto contenido de ácido linoleico. Se obtuvieron líneas y variedades como Las Breñas GB77INTA, Iporá Guazú y Gila (Galván et al., 1988). Sin embargo, este programa se discontinuó y, actualmente, la mayoría de las variedades registradas en el INASE son de origen estadounidense (Lang, 2011).

Referencias

- Allard, R. W. y Montoya, J. L. (1978). *Principios de la mejora genética de las plantas*. Barcelona, Editorial Omega.
- Anónimo (1991). *ICIOLA. Canola híbrida. Manual técnico*. Argentina, ICI Semillas
- Arnaud, F. (1989). *Colza. Cahier technique*. Paris, CETIOM.
- Ashri, A. (1973). Divergence and evolution in the safflower genus, *Carthamus* L. Final Research Report, P.L. 480, Washington, DC, USA. Project No. A10-CR-18, Grant No. FGIs- 234, 180 p.
- Ashri, A. y Knowles, P. F. (1960). Cytogenetics of safflower (*Carthamus* L.) species and their hybrids. *Agronomy Journal*, 52, 11-17.
- Bannerot, H., Bouldard, L., Canderon, Y. y Tempe, J. (1974). Cytoplasmic male sterility transfer from *Raphanus* to *Brassica*. *Proceedings EUCARPIA, Crop Section Cruciferae*, 25, 52-54.
- Bäumler, E. R. (2002). *Estudio de la aptitud al descascarado de semillas de cártamo (Carthamus tinctorius L.)*. (Tesis de grado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires).
- Bergman, J. W., Carlson, G., Kushnak, G., Riveland, N. R., Stallknecht, G., Welty, L. E. y Wichman, D. (1989). Registration of 'Girard' safflower. *Crop Science*, 29,828-829.
- Bretón, A., Dittrich, A., Castillo, N., Sosa, A. y Corona, M. V. (2007). Evaluación de la respuesta en la formación de callos regenerantes a partir del cultivo in vitro de epicótilos y entrenudos de lino (*Linum usitatissimum* L.) ante el incremento de la concentración de cobre en el medio de cultivo. *Revista Científica Agropecuaria*, 11 (2), 95-101.
- Brun, H., Renard, M., Tribodet, M., Plessis, J. y Tanguy, X. (1989). Apport de la lutte génétique contre les maladies du colza. *Phytoma*, 404, 36-41.
- Cailliez, B. (1991). Colza, en attendant les hybrides. *Cultivar*, 293, 35-37.
- Canola Council of Canada. (2021a). History of canola seed development. *Canola Encyclopedia*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia>

- Canola Council of Canada. (2021b). Canola growth stages. *Canola Encyclopedia*. Recuperado de: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia>
- Coşge, 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 Natural and Engineering Sciences*, 1, 11-15.
- Cubero, J. I. (2013). *Introducción a la mejora genética vegetal*. 3ra ed. Madrid, Ed. Mundi-Prensa.
- Dajue, L. y Mündel, H. H. (1996). *Safflower. Carthamus tinctorius L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 7. Rome, Italy, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. Recuperado de: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Safflower_Carthamus_tinctorius_L_498.pdf
- Deshmukh, S. N., Wakode, M. M. y Ratnaparakhi, R.D. (2014). Cytoplasmic Male Sterility Development in Safflower. *Dr. Panjabrao Deshmukh Krishi Vidyapeeth, Akola, Research Journal*, 38(1), 1-3.
- Devinar, M.G., Lassaga, S.L., Milisich, H.J. y Green, A. (2010). Determinación molecular de dos mutaciones involucradas en la desaturación del ácido linoleico en *Linum usitatissimum*. *Revista Científica Agropecuaria*, 14 (1), 27-37.
- Diederichsen, A. (2007). Ex situ collections of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) and other species of the genus *Linum* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 661–678.
- Ekin, Z. (2005). Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Utilization: A Global View. *Journal of Agronomy*, 4(2), 83-85.
- Emongor, V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the Underutilized and Neglected Crop: A Review. *Asian Journal of Plant Science*, 6, 299-306.
- Fehr, W. R. (1987). *Principles of cultivar development. Theory and technique*. New York, Ed. McGraw-Hill Inc.
- Galván, M. E., Juncosa, P., García, R. y Salas, J. (1988). Cártamo. Años agrícolas 1986-1987. *Panorama Agropecuario X* (38), 12-14.
- Giayetto, O. (1995). *Modelo de Simulación de la Colza (Brassica napus L. forma annua) en la región de Río Cuarto (Córdoba, Argentina)*. (Tesis de Maestría) Facultad de Agronomía, UBA, Argentina.
- Golkar, P. (2011). Inheritance of salt tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(11), 3694-3699.
- Golkar, P. (2014). Breeding improvements in safflower (*Carthamus tinctorius* L.): A review. *Australian Journal of Crop Science*, 8(7), 1079-1085.
- Grami, B., Baker, R. J. y Stefansson, B. R. (1977). Genetic of protein and oil content in summer rape: heritability, number of effective factors and correlation. *Canadian Journal of Plant Science*, 57, 937-943
- GRDC (Grain research and development corporation). (2017). *Grownotes Safflowers Northern*. Recuperado de: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0031/238990/GRDC-GrowNotes-SafflowerNorthern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_button&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Safflower%20Northern%20Region%20-%20GrowNotes%E2%84%A2

- Green, A. G. y Marshall, D. R. (1984). Isolation of induced mutants in linseed (*Linum usitatissimum*) having reduced linolenic acid content. *Euphytica*, 33, 321–328.
- Hausner, G., Rashid, K. Y., Kenaschuk, E. O., Procnier, J. D. (1999a). The development of codominant PCR/RFLP based markers for the flax rust-resistance alleles at the locus. *Genome*, 42, 1-8.
- Hausner, G., Rashid, K. Y., Kenaschuk, E. O., Procnier, J. D. (1999b). The identification of a cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) marker for the flax rust-resistance gene M3. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 21, 187-192.
- Heaton, T.C. y Knowles, P. F. (1982). Inheritance of male sterility in safflower. *Crop Science*, 22, 520-522.
- Heywood VA (1978) *Flowering plants of the world*. London, Oxford University Press.
- Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV) (1993). COLZA “00”/CANOLA Recopilación informativa, Parámetros de calidad.
- Knowles, P. F. (1969). Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm. Safflower. *Economic Botany*, 23,324-329.
- Kumar, H. (1991). Cytogenetics of safflower. En: Tsuchiya, T. y Gupta, P. K. (Editores) *Chromosome engineering in plants: Genetics, Breeding, Evolution, Part B., Developments in Plant Genetics and Breeding, 2B*, (pp. 251-277), Amsterdam, Elsevier.
- Lang, M. (2011). El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región semiárida pampeana: ensayo comparativo de rendimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam* 22, 32-36.
- Lassaga, S. L., Camadro, E. L., Bonell, M. L., Franzone, P. (2004). Diallel analysis of callus formation ability in linseed anther culture. *Plant Breeding*, 123, 502-504.
- Lassaga, S., Bretón, A., Gioco, L., Milisich, H. y Dittrich, A. (2010). Cultivo in vitro de anteras de lino (*Linum usitatissimum* L.). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XXI (40), 215-233.
- López-González, G. (1989). Acerca de la clasificación natural del género *Carthamus* L., s.l. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 47(1), 11-34.
- Matern, U. y Kneusel, R. E. (1993). The use of recombinant DNA techniques to confer resistance to the *Alternaria* leaf spot disease of safflower. En: Li Dajue y Han Yunzhou (Editores) *Proceedings of the Third International Safflower Conference*, (pp. 807-815), Beijing, China, Beijing Botanical Garden, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences.
- Milisich, H. J., Gioco, L., Acosta, M. G., Gallardo, M., Schutt, L., Bessone, V. (2014). Programa de mejoramiento genético de colza en el INTA. *1º Simpósio Latinoamericano de Canola*. Passo Fundo, Brasil.
- Montoya Coronado, L. (2010). *El cultivo de cártamo (Carthamus tinctorius L.) en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México D.F. Recuperado de: https://www.academia.edu/31993954/El_cultivo_del_cartamo_carthamus_tinctorius_1_en_Mexico_pdf
- Mündel, H. H. y Huang, H. C. (2003). Control of major diseases of safflower by breeding for resistance and using cultural practices. En: Huang, H. C. y Acharya, S. A. (Editores) *Advances in Plant Disease Management. Research Signpost* (pp. 293–310). Kerala, India, Trivandrum.

- 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: Revisited in 2004*. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Centre, Alberta. Recuperado de: <http://publications.gc.ca/site/eng/333269/publication.html>
- Nabloussi, A. (2005). Amélioration génétique du colza (*Brassica napus* L.): revue bibliographique et proposition d'une stratégie à adopter dans les conditions marocaines. *AL AWAMIA* 114, 2(2), 114-149.
- Nichterlein, K. (2003). Anther culture of linseed (*Linum usitatissimum* L.). En: Maluszynski M., Kasha K. J., Forster B. P. y Szarejko I. (Eds), *Doubled Haploid Production in Crop Plants* (pp 249-254). Dordrecht, Springer.
- Pellan-Delourme, R. y Renard, M. (1988). Cytoplasmic male sterility in rapeseed (*Brassica napus* L.): female fertility of restored rapeseed "Ogura" and cybrid cytoplasmns. *Genome*, 30, 234-238.
- Perea Muñoz, E. J. (1992). De colza a canola – colza "00". Evolución de la calidad de su aceite. *Revista OLEAGINOSOS*, 1, 20-22.
- Primard, C., Vedel, F., Mathieu, C., Pelletier, G. y Chevre, A. M. (1988). Interespecific somatic hybridization between *Brassica napus* and *Brassica hirta*. *Theoretical and Applied Genetics*, 75, 546-552.
- Rakow, G., Sringam, G.R. y McGregor, D. I. (1987). Breeding *Brassica napus* L. Canola with improved fatty acid composition, high oil content and high seed yield. *7 ème congrès international sur le colza*. Poznan. 1,27- 32.
- Rebora, C., Lelio, H., Gómez, L., Barros, A. (2007). Rendimiento de aceite de colza cultivada bajo riego: Mendoza (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 39 (2), 101-108.
- Rowland, G. G. 1991. An EMS-induced low-linolenic-acid mutant in McGregor flax (*Linum usitatissimum* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 71, 393–396.
- Rubis, D. D. (1981). Development of a root rot resistance in safflower by introgressive hybridization and thin-hull facilitated recurrent selection. En: Knowles, P. F. (Editor). *Proceedings First International Safflower Conference*, (pp. 205-209). Davis, California, USA.
- SENASA (2017). Documento de decisión. Evaluación de la aptitud alimentaria del evento de cártamo SPC IND-1ØØØ3-4 x IND-1ØØ15-7 y de los Eventos simples IND-1ØØØ3-4 e IND-1ØØ15-7. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/gmfp/docs/Documento%20decisi%C3%B3n%20C%C3%A1rtamo%20SPC.pdf
- Singh, V. y Nimbkar, N. (2005). Oil seed Crops. En: Singh, R. J. (Editor), *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement*. Vol 4. (pp. 167-194), Boca Raton, Florida, CRC Press (Taylor & Francis Group).
- Soengas, P., Velasco, P., Vilar, M., Cartea, M. A. (2013). Mating system of *Brassica napus* and its relationship with morphological and ecological parameters in northwestern Spain. *Journal of Heredity*, 104(4), 491–499.
- U, N. (1935). Genome-analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Journal of Japanese Botany*, 7, 389-452.

CAPÍTULO 10

Potencialidad y desafíos para las oleaginosas invernales en Argentina

Griselda E. Sánchez Vallduví y Santiago J. Sarandón

Introducción

La agricultura es una actividad esencial para los seres humanos porque, entre otras cosas, es responsable de a) la producción de alimentos, fibras y energía, b) proveer bienes y servicios ecológicos esenciales para los seres humanos y otros seres y c) el aporte (divisas) a las economías de los países. Por lo tanto, no puede suprimirse y debe mantenerse en el tiempo. Por otra parte, la agricultura es la actividad humana que ocupa una mayor superficie en los países. Aproximadamente la mitad de los territorios terrestres de casi todos los países están transformados en agroecosistemas. Además, es la actividad que hace el mayor uso consuntivo del agua. Por lo tanto, el modelo de agricultura elegido, la manera en que se realice, su intensidad, tiene un enorme impacto sobre los propios sistemas productivos, pero también sobre el ambiente, los bienes comunes a nivel regional y planetario.

Aunque no hay un solo modelo de agricultura, la que predomina en el mundo y en América Latina y nuestro país, la que conocemos como agricultura industrial moderna se caracteriza por su escasa diversidad, basada en unas pocas especies y variedades con alto potencial de rendimiento y, asociado con ello, por una alta dependencia de insumos químicos y energía para brindar el ambiente adecuado a este potencial.

Este modelo, que durante un corto período de tiempo pareció ser excelente (y tal vez el único posible) está siendo severamente cuestionado en la actualidad por ser ambientalmente y socialmente insostenible.

Se requiere, por lo tanto, el desarrollo de otro modelo que permita compatibilizar la producción de alimentos y otros bienes y servicios con las necesidades de esta y de las futuras generaciones.

Una de las características más distintivas de este modelo moderno y, a su vez, una de las causas de sus problemas, es su baja biodiversidad, pocas especies, pocas variedades y grandes extensiones de monocultivos.

Es necesario y urgente un replanteo que permita diseñar sistemas más sustentables. Ello implica, entre otras cosas, aumentar los niveles de biodiversidad funcional, silvestre y cultivada dentro de los agroecosistemas y en los paisajes circundantes. Es decir, una mayor agrobiodiversidad o diversidad biológica agrícola.

Esto es particularmente evidente en los sistemas extensivos pampeanos que se caracterizan por su baja diversidad, con el cultivo de unas pocas especies (generalmente en monocultivos) en grandes extensiones. Sin embargo, su carácter anual posibilita un cambio relativamente rápido de especies y variedades. Aumentar entonces la diversidad de cultivos puede ser una estrategia sencilla y de gran alcance para minimizar los problemas de los sistemas de monocultivo. Las oleaginosas invernales constituyen una excelente oportunidad en este sentido.

¿Por qué pensar en las oleaginosas de invierno como alternativas productivas en la Argentina?

El predominio del enfoque simplificador productivista en la Argentina, reemplazó muchos sistemas mixtos de producción por sistemas agrícolas con un claro predominio del cultivo de soja, promovido por el enfoque triunfalista y cortoplacista propio de la denominada “Revolución Verde” (Sarandón y Flores, 2014). Este enfoque y paradigma está muy arraigado, consecuencia de tantos años de existencia y promoción de un modelo considerado como ideal. En este contexto, la inclusión de nuevos cultivos, como el lino, la colza y el cártamo es dificultosa ya que no resultan de gran interés para aquellos que dominan el mercado, por lo que no son considerados en los planteos productivos de nuestro país.

Uno de los efectos negativos de la simplificación productiva es la disminución de la biodiversidad de los agroecosistemas, recurso fundamental para el funcionamiento del mismo y la provisión de servicios ecológicos (De la Fuente y Suárez, 2008; Altieri et al., 2014). Esta agrobiodiversidad es esencial para la agricultura porque aporta, por un lado, recursos genéticos y por el otro, servicios o funciones ecológicas fundamentales (polinización, ciclado de nutrientes, fijación de carbono, regulación biótica, descomposición de la materia orgánica). Por lo tanto, no es posible hacer agricultura sin estos dos elementos. Paradójicamente, la agricultura moderna es una de las principales amenazas a la biodiversidad. Es necesario recuperar biodiversidad para reconstruir o fortalecer estos procesos.

La incorporación de las oleaginosas de invierno es una alternativa que, además de aportar productos de calidad a la industria y la alimentación, incrementa la diversificación productiva, mejorando la biodiversidad.

La posibilidad de difusión de estos cultivos no depende solamente de sus propias características y de sus requerimientos ambientales y tecnológicos que ya fueron descriptos en los capítulos anteriores, sino de las definiciones de quienes toman las decisiones para potenciar o limitar determinados modelos productivos. El análisis de posibles cambios en el uso del territorio, en este caso la incorporación de nuevos cultivos de invierno, que implica un cambio de modelo, no debe estar basado sólo en aspectos puntuales como la supuesta mayor rentabilidad o el rendimiento a corto plazo. Se requiere entender la real complejidad de los agroecosistemas para dimensionar y dirigir estos cambios y entender las consecuencias futuras. Se necesita un abordaje

desde la complejidad para enfrentar el desafío ambiental (Leff, 1994), un pensamiento multidimensional, de acuerdo con Morin (1996).

Es evidente la necesidad de buscar alternativas que consideren el rediseño de los sistemas productivos en pos de fortalecer los procesos ecológicos, los que en los sistemas modernos de producción se encuentran sumamente debilitados. La planificación de rotaciones donde el **lino**, la **colza** y el **cártamo**, que son especies oleaginosas de ciclo invernal, puedan ser incorporadas en los sistemas de producción de la Argentina es una interesante alternativa.

Más allá de las características de calidad alimenticia o industrial que identifica a estas oleaginosas y su participación actual en la producción y mercado nacional y mundial (Capítulo 2), es importante valorar sus potencialidades desde el punto de vista agronómico, económico y social. Las tres son oleaginosas de invierno, pero cada una de ellas tiene sus particularidades que le otorga ventajas para ser considerada en determinados sistemas de producción. Por ejemplo, la colza aporta semilla con aceite de muy buena calidad nutricional y también como fuente para biocombustibles y, además, se adapta a sistemas de rotaciones con cultivos de verano con la particularidad de terminar su ciclo más tempranamente que otros cultivos de invierno. El lino es un cultivo rústico que se adapta a sistemas mixtos de producción con la alternativa productiva de su siembra en intercultivos o consociada con pasturas, en cuya situación deja un rico rastrojo luego de su cosecha, es un cultivo de bajo requerimiento de insumos y de mucha historia en nuestro país. Por lo tanto, las familias tradicionales lineras, cuentan con saberes relacionados con dicho cultivo lo que es un valioso recurso a tener en cuenta al momento de ser considerado para su producción. El cártamo, finalmente, produce un aceite de muy buena calidad y se destaca por ser una excelente alternativa de producción para ser incorporada en zonas de baja disponibilidad hídrica.

Desafíos para la inclusión del lino, la colza y el cártamo en los sistemas productivos de la Argentina

Las tres oleaginosas de invierno el **lino**, la **colza** y el **cártamo** se adaptan a las condiciones bioambientales de nuestro país (Capítulos 3, 5 y 7) por lo que son una alternativa real para incluir en los sistemas de producción de la Argentina desde un punto de vista agroclimático y tecnológico.

Solemos decir que el lino es un cultivo con historia en la Argentina. Nuestro país fue considerado un país linero por excelencia y fue uno de los primeros exportadores de este producto. El lino es una especie que permite el uso de su semilla para la obtención de aceite de calidad industrial, el aprovechamiento de su subproducto en alimentación animal y, actualmente, su semilla en alimentación humana y animal. Además, es interesante la utilización de la paja con otros fines, por ejemplo, en construcción, para prevenir erosión, disminuir pérdida de humedad del suelo, en cama de animales y control de malezas entre otros (Flax Council of Canada, 2021). Por otra parte, en el mundo se está revalorizando la producción de lino textil por la muy buena

calidad de las telas que se elaboran a partir de las fibras de su tallo, dicho uso era el que tenía el lino en los inicios de su producción en nuestro país, aunque actualmente se siembra el oleaginoso (Capítulo 2). Sin embargo, con el avance del modelo de producción simplificado y la sustitución de productos naturales por sintéticos, esta situación fue cambiando al punto de encontrarse hoy con muy baja superficie sembrada y ser considerado como un cultivo especial.

En la actualidad, un productor que decida incorporar el cultivo de lino en su sistema, se enfrenta con dos problemas: la adquisición de semilla para la siembra y la comercialización del producto. La escasa superficie sembrada acotó la disponibilidad de semilla y, por el otro lado, generó que, para la comercialización del producto, se deban afrontar importantes gastos en flete, lo que suele ser determinante en la decisión de su incorporación.

La semilla de colza es la segunda oleaginosa a nivel mundial, pero, curiosamente, en Argentina no ha logrado una gran difusión. La colza cultivada en nuestro país, es una oleaginosa cuyo aceite posee muy buenas propiedades como comestible, su subproducto es de buena calidad para alimentación animal y además es muy buena alternativa para obtención de biocombustible (Capítulo 2). Tiene gran potencial para ser incluida en los sistemas de producción de la región pampeana argentina. Sin embargo, a pesar de los intentos de difusión esto no se ha logrado. En algunas zonas como el sudeste de la provincia de Buenos Aires y en zonas de Entre Ríos el cultivo es conocido por los productores, lo que facilita su incorporación a los planeos productivos. Es un cultivo muy rentable y con alta respuesta al agregado de insumos, lo que podría haber facilitado su incorporación al modelo de producción hegemónico del país. Sin embargo, esto tampoco ha favorecido su inclusión.

Entre los factores que pueden limitar su mayor difusión pueden mencionarse cuestiones tecnológicas como dificultades en la cosecha o la adecuación de los equipos en el transporte, comercialización y almacenamiento. Se lo suele considerar un cultivo de alto riesgo, entre otros factores, por la dificultad que puede encontrar en la implantación, asociado al pequeño tamaño de la semilla, dificultades para el manejo de malezas, especialmente crucíferas, o el manejo de la dehiscencia de la silicua en la cosecha para no perder semillas (Iriarte y López, 2014). Aparentemente son cuestiones técnicas y comerciales las que retrasan la difusión de la colza en la Argentina.

El cártamo es otra oleaginosa de invierno de la cual se obtiene un aceite de muy buena calidad alimenticia y de uso industrial (Capítulo 2). Se caracteriza por ser un cultivo rústico que tiene un sistema radical profundo que le permite captar agua almacenada en el subsuelo adaptándose a zonas semiáridas y subhúmedas. Por estas particularidades, la zona potencialmente apta en la Argentina es la región pampeana central semiárida (Capítulo 5) donde se puede desarrollar adecuadamente en condiciones ambientales donde otros cultivos no lo hacen bien (Mirassón et al., 2001).

Si bien el cártamo es una opción valiosa para las zonas semiáridas de la Argentina, no ha tenido amplia difusión. Uno de los motivos es la falta de condiciones de mercado adecuadas, dependiendo en gran medida de la producción de girasol con quien comparte posición arancelaria. Esto motiva que muchas veces, para planificar la inclusión del cártamo como estrategia

productiva, y para disminuir el riesgo comercial se establezcan contratos con el comprador. Por otro lado, existe industria y tecnología apropiada para el desarrollo e industrialización del cultivo, pero la variabilidad en los rendimientos hace dudar al momento de decidir sembrarlo o no.

Las tres oleaginosas de invierno, **lino**, **colza** y **cártamo**, son buenas opciones posibles de desarrollar en distintas áreas bioclimáticas de la Argentina. Ofrecen productos de buena calidad, son alternativas productivas adecuadas para ser incorporadas en diversos sistemas de producción y se cuenta con tecnología para su manejo. Se pueden considerar como alternativas interesantes para productores y para la industria aceitera argentina. No obstante sus potencialidades, estas especies no se expanden en nuestro país. Evidentemente, las causas que dificultan o impiden su difusión tienen una raíz más profunda.

La industria oleaginosa argentina actual está centrada en la producción de cultivos estivales (soja y girasol), por lo que los cultivos invernales podrían aportar materia prima en otra estación del año. Sin embargo, desde el avance indiscriminado de la soja, las industrias se han adaptado al procesamiento de dicha oleaginosa y, además, generalmente, es difícil manejar bajos volúmenes de un cultivo determinado, tanto en el almacenamiento como en el procesamiento. Este es un importante punto a considerar para readaptar la industria, almacenaje y transporte a las necesidades de estos cultivos, cada uno con sus particularidades. De ese modo, los productores tendrían un mayor estímulo al mejorar la posibilidad de que la semilla sea admitida en la industria aceitera y al disminuir el costo del flete de la semilla hasta la industria.

Para promover su incorporación, debemos tener en cuenta que algunos aspectos morfofisiológicos de cada cultivo podrían ayudar a mejorar los rendimientos en semilla y en aceite, o podrían facilitar determinado manejo del cultivo o disminuir riesgos. Por ejemplo, lograr cultivares de lino con mayor peso de semillas y con más potencialidad para producir ramificaciones basales; cultivares de colza con silicua no dehiscente o cultivares de cártamo adaptados a características locales, lo cual le otorgue mayor estabilidad en su rendimiento. Estos aspectos y muchos otros de la ecofisiología de los cultivos son importantes a incorporar mediante el mejoramiento genético para contar con cultivares con características morfofisiológicas que se adapten al ambiente local. Por otra parte, sería trascendental que los cultivares se adapten a un manejo que tenga bajo requerimiento de insumos para lograr una producción adecuada e interesante para el productor. En la búsqueda de cultivos que se adapten a modelos más sustentables, es importante que los objetivos del mejoramiento genético surjan a partir de un proceso participativo, de manera que los futuros destinatarios puedan opinar y proponer características de interés, que no siempre son un mayor rendimiento.

Además de estos aspectos, que se pueden definir como técnicos, hay otros que son más estructurales. En el contexto productivo “moderno”, con alto uso de tecnología (Nogar et al. 2013) en el cual se profundizó la simplificación productiva (Albanesi, 2007) es muy difícil para los productores tomar la decisión de incorporar cultivos “alternativos” a los difundidos y que sean significativos en el contexto del modelo productivo que los presiona. Por el contrario, este modelo generó cambios importantes en el uso de la tierra (Catacora-Vargas et al., 2012) con el desplazamiento o disminución de producciones y cultivos, entre los que se encuentran el lino, la colza

y el cártamo. En este contexto es evidente la necesidad de contar con políticas públicas que favorezcan la diversificación productiva, que den garantías y confianza a los productores para animarse a diversificar su producción y en ese marco poder incluir a las oleaginosas de invierno en la planificación de rotaciones. Esta estrategia puede servir para restaurar y aumentar la biodiversidad, recurso imprescindible para que funcione el agroecosistema y provea servicios (Altieri et al., 2014). Una agricultura sustentable requiere preservar el ambiente y los bienes comunes (Sarandón y Flores, 2014) que constituyen el capital natural (Harte, 1995) necesario para permitir la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer a las futuras (WCED, 1987). Es por esto que la incorporación de estos cultivos a las zonas potenciales de producción, excesivamente homogéneas, debe ser acompañada de un manejo que permita la conservación de los recursos productivos, minimice el impacto ambiental externo (Flores y Sarandón, 2003) y compatibilice niveles adecuados de productividad de los sistemas agrícolas con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales (Parris, 1999).

El logro de estos cambios requiere mucho más que una simple tecnología, se trata de una revolución del pensamiento en las ciencias agrarias (Sarandón, 2021) con todo lo que ello implica. La Agroecología puede ser ese nuevo paradigma que brinde las condiciones para hacer este cambio realidad. Pero esto cuestiona y redefine los sistemas de investigación, de generación de tecnología y la formación de los profesionales, investigadores y extensionistas.

Rol de la formación de profesionales de la agronomía

El modelo de producción enfocado en la llamada revolución verde basado en la producción de pocos cultivos de alto rendimiento y requerimiento de insumos, ha tenido una gran influencia en estudiantes, profesionales y técnicos de la agronomía (Sarandón 2020a). En este sentido está claro el rol que deben cumplir las universidades e instituciones educativas en la formación de profesionales y técnicos que tengan una capacidad crítica al modelo de agricultura vigente capacitados para resolver problemas complejos con un abordaje integral (Sarandón, 2020b).

Uno de los grandes desafíos necesarios para que las oleaginosas de invierno tomen relevancia en los sistemas de producción de la Argentina, es la ocurrencia de un cambio en los objetivos del modelo de producción hegemónico. Es aquí donde los profesionales de la agronomía toman relevancia y pueden actuar desde distintos espacios para generar un cambio en el modo de producir. Es esencial recuperar el rol de los profesionales de la agronomía como gestores de agroecosistemas que originen alimentos sanos a partir de sistemas productivos que sean económicamente rentables, ecológicamente adecuados y socialmente aceptables (Sarandón, 2008).

Debemos asumir que el modelo de producción dominante de la Argentina, que ha generado tantos inconvenientes ambientales y sociales, “se hizo con el apoyo y la promoción de organismos de ciencia y técnica de los países de la región, nutridos con egresados formados en las universidades públicas” (Sarandón, 2021). Para promover un modelo más sostenible es clave el rol de las Universidades donde se forman los profesionales que luego actuarán en espacios

públicos o privados y desarrollarán tareas de docencia, investigación, extensión, producción o en espacios de decisiones políticas.

En la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, más específicamente en el Curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales se abordan los cultivos de lino, colza y cártamo como parte de los contenidos de la asignatura. A partir de ello, los y las estudiantes tienen la posibilidad de reconocer y valorar la importancia de estos cultivos, visualizar las interacciones entre factores ecológicos, genéticos y tecnológicos, el efecto sobre el crecimiento y desarrollo, producción y posibles decisiones de cada cultivo. De este modo, son acompañados/as en su formación dentro del Plan de Estudios de la Carrera con los contenidos básicos para el manejo de estas tres oleaginosas de invierno, por lo que la falta de conocimiento sobre estos cultivos no debiera ser un problema.

Es evidente que conocer sobre un cultivo dado (en este caso lino, colza o cártamo) no es razón suficiente para su consideración y valoración. En la actualidad los egresados y egresadas se incorporan a un ambiente laboral donde domina el paradigma que representa el modelo productivo hegemónico, extremadamente reduccionista. Ante esa situación y presión, generalmente, resulta muy difícil plantear cambios que favorezcan una producción diversificada donde la inclusión del lino, la colza o el cártamo sea posible tanto en espacios de producción como de investigación y/o extensión.

Esta situación se presenta simultáneamente como un gran desafío, una oportunidad y un deber para las Universidades. Por un lado, es imperioso profundizar aspectos que hacen a la formación profesional. Es aquí donde la Universidad, y en este caso particular la Facultad, juega un rol fundamental. Hace falta promover la capacitación de Ingenieros e Ingenieras Agrónomos/as con espíritu crítico, capaces de pensar el modo de modificar lo necesario para cambiar el modelo de producción hegemónico hacia uno más sustentable y facilitar la adopción del mismo. A partir de la educación en el ámbito de formación de profesionales se debe arbitrar los cambios necesarios con el objetivo que los y las egresados/as, estén capacitados/as para abordar la complejidad que representa la producción agropecuaria en su conjunto con un enfoque integral. Son ellos y ellas quienes podrán actuar de alguna manera en definiciones que hacen a la producción agropecuaria, la docencia, la investigación, la extensión y/o la gestión y aportar a la transformación del modelo de producción. Este es un claro ejemplo de intervención profesional de los Ingenieros e Ingenieras Agrónomos/as quienes pueden desde sus diferentes áreas de intervención propiciar la sustentabilidad de los sistemas de producción.

Referencias

- Albanesi, R. P. (2007). La modernización en el devenir de la producción familiar capitalizada. *Revista Mundo Agrario*, 7 (14), 1-12.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. y Montalba, R. (2014). El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. *Revista de agroecología*, 30 (1), 5-8.

- Catacora-Vargas, G.; Galeano, P., Agapito-Tenfen, S., Aranda, D., Palau, T. y Nodari-Onofre, R. (2012). Producción de soya en el Cono Sur de las Américas: Actualización sobre el uso de tierras y pesticidas. Cochabamba, GenØk / UFSC / REDES-AT / BASE-Is. Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CatacoraVargas-et-al-12-Soya-Sudamerica-Tie-rrapesticidas.pdf>
- de la Fuente, E. y Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral*, 18, 239-252.
- Flax Council of Canada. (2021). *Growing flax. Production, Management y Diagnostic Guide*. Recuperado de: <https://flaxcouncil.ca/growing-flax>
- Flores, C. C. y Sarandón, S. J. (2003). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata*, 105 (1), 53-68.
- Harte, M. J. (1995). Ecology, sustainability and environment as capital. *Ecological Economics*, 15, 157-164.
- Iriarte, L. B. y López, Z. B. (2014). El cultivo de colza en Argentina. Situación actual y perspectivas. *1º Simposio Latino Americano de Canola*. (pp. 1-7) Passo Fundo, R S, Brasil. Recuperado de: <http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Iriarte%20-%20Desarrollo%20del%20cultivo%20de%20colza%20en%20Argentina....pdf>
- Leff, E. (1994). Sociología y ambiente: formación socioeconómica, racionalidad ambiental y transformaciones del conocimiento. En: Leff, E. (Compilador), *Ciencias Sociales y Formación Ambiental* (17-84). Barcelona, Gedisa.
- Morin, E. (1996). Introducción al pensamiento complejo. Barcelona, Editorial Gedisa.
- Mirassón, H., Palomo, I. R., Bredan, R. E. y Fioretti, M. N. (2001). Safflower production in Argentina: Future prospects. *Vth International Safflower Conference*, Williston, N.D. U.S.A. (173-178).
- Nogar, M. L., Nogar, A. G. y Jacinto, G. P. (2013). Transformaciones y fragilidades ambientales en la pampa argentina. *Revista Latino-Americana de Historia*, 2 (8), 75-93
- Parris, K. (1999). Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En: Browe, F. M. y Crabtree, J. R. (Editores), *Environmental Indicators and Agricultural policy*. (25-44). CAB International. The Hague, Netherlands.
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014). La insustentabilidad del modelo de agricultura actual. En: S. J. Sarandón y Flores. C. C. (Coordinadores), *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*, (13-41). La Plata, EDULP. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Sarandón, S. J. (2008). La agroecología en la formación de profesionales de la agronomía: una necesidad para una agricultura sustentable. *VIII Congreso SEAE*, Bullas (1-6).
- Sarandón, S. J. (2020a). Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable. En: S.J. Sarandón (Compilador), *Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable* (13-36). La Plata, EDULP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109141>

- Sarandón, S. J. (2020b). *El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina*. Serie Cuadernos de la transformación, 11. México, Friedrich Ebert Stiftung.
- Sarandón, S. J. (2021). Agroecología: una revolución del pensamiento en las ciencias agrarias. *Ciencia Tecnología y Política*, 4(6), 1-10.
- WCED (World Commission of Environmental & Development). (1987). *Our common future*. Oxford Univ. Press, Oxford.

Los autores y autoras

Coordinadoras

Sánchez Vallduví, Griselda Estela

Doctora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF). Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora Adjunta del Curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales en la FCAyF. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA) y de numerosos proyectos de investigación (UNLP). Codirectora desde 2014. Integrante de proyectos de extensión desde 2009. Directora desde 2014 (FCAyF). Tema: Diseño, manejo, evaluación y fortalecimiento de sistemas agropecuarios sustentables. Publicaciones en revistas científica, congresos nacionales e internacionales y de divulgación, en especial vinculados a lino y girasol, también en aromáticas y soja. Expositora en congresos, jornadas y seminarios. Autora de 2 capítulos de libro y coautora en 1. Directora de becarios, trabajos finales y pasantes. Premio “Ciencia y Comunidad: Dr. Eduardo Usumoff” (CIC).

Chamorro, Adriana Mabel

Ingeniera Agrónoma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Doctora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). Jefe de Trabajos Prácticos del curso Oleaginosas y Cultivos Regionales de la FCAyF-UNLP. Integrante del claustro de profesores habilitado para el Programa Internacional sobre los Principios para la Inversión Responsable en Agricultura en el marco del acuerdo Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid-FAO. Participación en proyectos de investigación sobre aspectos productivos de oleaginosas (colza, lino, soja, girasol) que incluyeron, posteriormente, evaluaciones de sustentabilidad ecológica. Codirección desde 2012 de proyectos de investigación sobre evaluación integral de distintas secuencias agrícolas con diferentes manejos. Formación de recursos humanos como becarios, pasantes y tesistas de grado.

Autores y autoras

Bezus, Rodolfo

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Subdirector del Programa de Mejoramiento de Arroz de la Facultad de Ciencias Agrarias y

Forestales (FCAyF-UNLP). Profesor Adjunto del curso de Introducción al Mejoramiento de la FCAYF-UNLP. Jefe de Trabajos Prácticos del curso Oleaginosas y Cultivos Regionales de la FCAYF-UNLP. Codirección de proyectos de investigación en Mejoramiento de Arroz (FCAYF-UNLP). Integrante del Grupo de Mejoramiento de Arroz del INTA Concepción del Uruguay. Participó en proyectos de investigación relacionados a los cultivos de colza, soja y girasol. Posee publicaciones en revistas científicas, congresos nacionales e internacionales referidos a los cultivos de arroz, colza, girasol y soja. Posee variedades de arroz registradas en INASE. Posee formación de recursos humanos como becarios, pasantes y tesistas de grado.

Dellepiane, Andrea Verónica

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Máster en Tecnología y Gestión de la Calidad en Industrias Agroalimentarias, Escuela Superior de Negocios y Tecnologías, Vitoria, España. Jefa de Trabajos Prácticos del Curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales (FCAYF). Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA) y de proyectos de investigación y extensión (UNLP). Autora y co-autora de publicaciones en revistas científicas, congresos nacionales e internacionales y trabajos de divulgación, sobre desarrollo de indicadores de sustentabilidad en hortalizas y girasol, evaluación de estrategias para el manejo de sistemas agroecológicos. Directora y codirectora de pasantías y beca. Evaluadora Trabajos Finales de Carrera en la FCAYF. Premio “Ciencia y Comunidad: Dr. Eduardo Usunoff” (CIC).

Gieco, Lucrecia Cristina

Ingeniera agrónoma, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos (FCA-UNER). Magister en Genética Vegetal con orientación en mejoramiento genético. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario (FCA-UNR). Doctora en Ciencias Agrarias. FCA-UNR. Docente adjunto cátedra Genética y Mejoramiento vegetal y animal, FCA-UNER. Investigadora en mejoramiento genético de trigo, lino y colza en INTA EEA Paraná. Coordinadora de proyecto estructural INTA sobre mejoramiento genético de soja, girasol, colza y lino, participante de proyecto en mejoramiento genético de trigo, directora de proyectos sobre fusariosis de la espiga en trigo. Jefe del Departamento Mejoramiento de INTA EEA Paraná. Posee numerosos trabajos e informes técnicos publicados y es formadora de recursos humanos en investigación.

Iriarte, Liliana Beatriz

Egresada en 1984 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Desde el año 1985 desarrolla su actividad en el grupo de agricultura de la Chacra Experimental Integrada Barrow en Tres Arroyos, perteneciente al INTA y al Ministerio de desarrollo agrario de la provincia de Buenos Aires. Especialista en manejo de cultivos oleaginosos: girasol, colza y soja. Ha realizado cursos de postgrado con grupos de investigación del: EMBRAPA – Londrina – Brasil INRA –Francia CETIOM – Francia. Docente en el postgrado de energías alternativas – Mención Biomasa - producción de cultivos oleaginosos. Universidad Tecnológica Nacional. Expositora en

congresos nacionales e internacionales, seminarios, reuniones para productores y cursos de grado y postgrado. Autora de numerosas publicaciones. Participa en proyectos nacionales de INTA referidos al manejo de cultivos oleaginosos.

Sarandón, Santiago Javier

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor Titular, Cátedra de Agroecología, UNLP. Docente Investigador Categoría 1 (uno). Director del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA), UNLP. Investigador Principal, Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Provincia de Bs. As. Profesor de más de 100 cursos de postgrado en Agroecología. Autor de 5 libros y más de 120 trabajos científicos y más de 250 trabajos en Congresos del país y el exterior. Director de varias tesis de Maestría y Doctorado sobre Agroecología. Ha dictado más de 200 conferencias en congresos, seminarios y otros eventos nacionales e internacionales. Presidente Honorario de la Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología (SOCLA). Presidente de la Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE).

Schutt, Lorena Silvana

Ingeniera Agrónoma, egresada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FCA-UNER). Es fitopatóloga del Departamento Mejoramiento Vegetal en la EEA Paraná del INTA. Participa en proyectos de investigación+desarrollo (I+D) en la temática de obtención y desarrollo de germoplasma experimental de cereales y oleaginosas, realizando la caracterización sanitaria de germoplasma de colza, lino, soja y trigo, la detección de germoplasma con resistencia a fusariosis de la espiga en trigo mediante fenotipado. Participa en estudios de los distintos mecanismos de resistencia genética a la fusariosis de la espiga (FCA UNER-INTA). Referente en el Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO) en los cultivos de colza, lino y trigo. Miembro de la Sociedad Argentina de Fitopatología.

Lino, colza y cártamo : oleaginosas que aportan a la diversificación productiva / Griselda Estela Sánchez Vallduví ... [et al.] ; coordinación general de Griselda Estela Sánchez Vallduví ; Adriana Mabel Chamorro. - 1a ed. - La Plata : EDULP ; EDULP, 2023.

Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-8475-75-2

1. Plantas Oleaginosas. I. Sánchez Vallduví, Griselda Estela, coord. II. Chamorro, Adriana Mabel, coord.

CDD 633.5

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata

48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina

+54 221 644 7150

edulp.editorial@gmail.com

www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2023

ISBN 978-987-8475-75-2

© 2023 - Edulp

n
naturales


Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA