
CANOLA: UNA ALTERNATIVA PROMISORIA

**Editores: Daniel L. Martino
Facundo Ponce de León**

Título: CANOLA: UNA ALTERNATIVA PROMISORIA

Editores: Daniel L. Martino
Facundo Ponce de León

Serie Técnica N° 105

© 1999, INIA

ISBN: 997-38-101-0

Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

INDICE

Página

CAPITULO I CANOLA: una alternativa promisorio	1
<i>Daniel L. Martino, Facundo Ponce de León</i>	
LA NECESIDAD DE DIVERSIFICAR	1
EL CULTIVO DE CANOLA	1
LOS PRODUCTOS DE LA CANOLA	2
LA CANOLA EN URUGUAY	3
ALGUNOS CUESTIONAMIENTOS LOGICOS	4
Pérdidas de cosecha	4
Mercados	5
Disponibilidad de cultivares y semillas	6
Malezas crucíferas	6
Problemas principales de plagas y enfermedades	7
BIBLIOGRAFIA	7
CAPITULO II AGRONOMIA DE LA CANOLA	9
<i>Facundo Ponce de León, Daniel L. Martino, Juan E. Díaz Lago</i>	
1. INTRODUCCION	9
2. FISIOLOGIA DEL CULTIVO	10
2.1 Crecimiento y desarrollo	10
2.1.1 Germinación y establecimiento de la plántula	10
2.1.2 Roseta	10
2.1.3 Iniciación floral y elongación	10
2.1.4 Floración y fecundación	13
2.1.5 Desarrollo del fruto y madurez	14
2.2 Requerimientos hídricos y eficiencia del uso de agua	16

2.3 Susceptibilidad a heladas y granizo	17
2.4 Componentes del rendimiento	18
3. MANEJO DEL CULTIVO	19
3.1 Especies, variedades y época de siembra	19
3.2 Preparación de tierras y siembra	21
3.3 Requerimientos edáficos y fertilización	24
3.3.1 Propiedades físico-químicas del suelo	24
3.3.2 Nitrógeno	24
3.3.3 Fósforo	29
3.3.4 Potasio	30
3.3.5 Azufre	31
3.3.6 Calcio y magnesio	34
3.3.7 Micronutrientes	34
3.3.8 Reguladores del crecimiento	34
3.4 Malezas y su control	35
3.4.1 Importancia de las malezas en el cultivo de la canola	35
3.4.2 Interferencia entre cultivo y malezas	35
3.4.3 Problemas no relacionados a la competencia	36
3.4.4 Control de malezas en canola	37
3.4.5 Herbicidas utilizados en el cultivo de canola	38
3.4.6 Malezas crucíferas en el cultivo de canola	38
3.5 Insectos plaga y su control	43
3.6 Sanidad	45
3.6.1 Generalidades	45
3.6.2 Enfermedades potencialmente importantes en nuestra región	47
4 COSECHA	59
4.1 Generalidades	59

4.2 Cosecha directa	61
4.3 Cosecha con corte e hilado previo	63
4.4 Utilización de desecantes y otros productos	66
4.5 Evaluación de las pérdidas en la cosecha	67
4.6 Manejo post cosecha	67
5 LA CANOLA EN LOS SISTEMAS DE ROTACIONES	68
5.1 Generalidades	68
5.2 Efectos sobre patógenos	70
5.3 Efectos sobre malezas	72
5.4 La canola como maleza	72
5.5 Otros efectos	72
AGRADECIMIENTOS	73
BIBLIOGRAFIA	73
CAPITULO III LA CANOLA EN EL MERCADO OLEAGINOSO MUNDIAL	81
<i>Gonzalo Souto, Martín Dabezies</i>	
1. PRODUCCION, CONSUMO Y COMERCIO: distribución geográfica	81
a. Grano de colza	81
b. Aceite de colza	83
c. Harina de colza	84
2. IMPORTANCIA ENTRE LOS ACEITES Y LAS HARINAS PROTEICAS	87
3. LOS PRECIOS RESPECTO DE OTROS DERIVADOS OLEAGINOSOS	89
CAPITULO IV LA EXPERIENCIA DE UN PRODUCTOR	93
<i>Facundo Ponce de León, Daniel Alves</i>	

1. INTRODUCCION	93
2. DESCRIPCION DE LA TENOLOGIA DE PRODUCCION DE CANOLA	94
3. RESULTADO ECONOMICO	95
AGRADECIMIENTOS	97

CANOLA: una alternativa promisoría

Daniel L. Martino ⁽¹⁾

Facundo Ponce de León ⁽²⁾

CAPITULO I

LA NECESIDAD DE DIVERSIFICAR

La diversificación de rubros en un sistema agrícola es una de las herramientas más eficaces para combatir riesgos asociados a extremos climáticos y vaivenes de los mercados. Por otra parte, la sostenibilidad productiva es, por diversa razón, difícilmente alcanzable en sistemas basados en un reducido número de rubros.

Los productores agrícolas uruguayos han encontrado en la rotación de cultivos de grano con cultivos forrajeros la fórmula para desarrollar sistemas de relativamente bajo riesgo y alta sostenibilidad. Sin embargo, el éxito de estos sistemas se ve en cierta forma amenazado por varios factores.

Por un lado, la desaparición del cultivo de lino y la disminución del área de soja han dejado a los productores un reducido menú de opciones, con alto predominio de cultivos de especies gramíneas. Por otra parte, la creciente adopción de la siembra directa ha conducido a una intensificación de la agricultura de granos, desplazando en cierta forma a la ganadería de las áreas ocupadas por esos cultivos.

El predominio de especies gramíneas es especialmente problemático en los sistemas de siembra directa, debido a la presencia sobre la superficie del suelo, durante prolongados periodos, de residuos infectados por diversos patógenos y a la proliferación de malezas gramíneas. La situación es particularmente grave en el caso de la estación invernal, que prácticamente presenta como únicas alternativas al trigo y a la cebada.

El interés por los cultivos alternativos en Uruguay ha surgido toda vez que se han presentado crisis de precios del trigo y la cebada. Varios cultivos, entre ellos la canola, han sido ensayados con suerte variable. Un estudio reciente realizado por el INIA (Majó 1997) identificó cinco cultivos con buenas perspectivas de adaptación a las condiciones de suelo y clima del país (lupino, lino textil, trigo sarraceno, lino comestible o "linola" y kenaf). También seleccionó otros 14 cultivos con buena potencialidad. Si bien la canola no fue incluida en este estudio, este cultivo aparece como el de mayor probabilidad de adopción exitosa en el mediano plazo.

EL CULTIVO DE CANOLA

El género *Brassica* fue uno de los más tempranamente domesticados por el hombre. El cultivo de colza comprende principalmente tres especies: *B. napus*, *B. juncea* y *B. rapa ex campestris*. La primera especie es anfidiplóide, probablemente originada a partir de cruzamientos entre *B. rapa* y *B. oleracea*. Se cree que su centro de origen es el sur de Europa. *B. juncea* es también anfidiplóide y proviene del cruzamiento entre *B. rapa* y *B. nigra*. Su origen es Asia. Por su parte, *B. rapa* es diploide y parece ser la especie más antigua y más ampliamente distribuida, con referencias históricas que se remontan al siglo XV A.C. en la India, donde se la utilizaba como condimento (mostaza). Posee dos posibles centros de origen: Europa y Asia Central.

Desde la Edad Media, la colza comienza a cultivarse en Europa con usos alimenticios, higiénicos (jabón) y en iluminación. Su utilización disminuye posteriormente con el advenimiento del aceite mineral. La creación del motor de vapor aumentó nuevamente la demanda de colza cuyo aceite, en razón de su

⁽¹⁾ Ing. Agr., M. Sc., Ph. D., INIA La Estanzuela. E-mail: martino@inia.org.uy

⁽²⁾ Ing. Agr., INIA La Estanzuela. E-mail: facundo@inia.org.uy

alto contenido de ácido erúxico, era muy adecuado para la lubricación de las partes mojadas de los motores.

El cultivo fue introducido a Canadá durante la segunda Guerra Mundial, con la finalidad de producir aceite como lubricante para las máquinas de vapor de barcos y trenes. Las semillas importadas eran de las especies *Brassica napus* (proveniente de Argentina) y *B. rapa* (proveniente de Polonia). En razón de su origen, ambas especies pasaron a ser conocidas como colzas de tipo argentino y polaco, respectivamente, denominaciones que se mantienen en uso hasta el presente. La primera cosecha, obtenida en 1943, fue de mil toneladas sobre una superficie de 1300 ha (Canola Council of Canada, 1990).

La caída en desuso de la máquina de vapor estimuló la búsqueda de otros usos para este cultivo que había demostrado muy buena adaptación a las condiciones de las praderas canadienses. Ya se había demostrado que el aceite de colza, en razón de su alto contenido de ácido erúxico (30 a 50 %, Dowling & Barrow 1993), podía llegar a ser tóxico para los humanos. Luego se descubrió que ciertos niveles de glucosinolatos en la torta remanente del prensado provocaban rechazo al consumo en el ganado, y que algunos compuestos derivados de los mismos provocaban bocio, por interferir en la absorción de iodo.

En 1974, los mejoradores genéticos de la Universidad de Manitoba liderados por el Dr. Baldur Stefanson lograron desarrollar el primer cultivar "double low" (cv. *Tower*), que producía aceite con bajos tenores de ácido erúxico (menos de 2 %), y harina con menos de 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de glucosinolatos, los dos elementos que determinaban la baja calidad del aceite para consumo humano, y de la harina para consumo animal, respectivamente. El nuevo tipo de colza se denominó "Canola" (Canadian Oil Low Acid), y producía un aceite de alta calidad, que fue rápidamente aceptado por el mercado.

En la actualidad la canola se produce en diversas regiones de climas muy diversos. El principal productor es Canadá con unos seis millones de toneladas de grano al año, siendo el segundo cultivo en importancia luego del

trigo. La canola es también producida en Estados Unidos, Japón, Australia, Brasil y Argentina. Mientras tanto, en Europa y Asia predomina la producción de colza que no alcanza los estándares de la canola.

LOS PRODUCTOS DE LA CANOLA

El principal producto de la canola es el aceite de su semilla, el que se encuentra en una proporción de entre 38 y 44 %. El perfil de ácidos grasos del aceite de canola determina que el mismo se destaque por su valor nutritivo y por su condición de saludable para la dieta humana: baja proporción de ácidos grasos saturados (6 %), altos niveles relativos de monoinsaturados (55 a 60 % de ácido oleico) y cierta cantidad de poliinsaturados, particularmente ácido linoleico (26 a 28 %) y ácido alfa-linolénico (8 a 10 %).

La ingesta de ácidos grasos saturados se relaciona con riesgos de enfermedades coronarias. De los aceites comestibles más comunes, el de canola es el de menor contenido de estos ácidos grasos. Los aceites de girasol, soja, oliva y maíz contienen entre 11 y 14 % de ácidos grasos saturados. Se ha comprobado que la sustitución en la dieta humana de ácidos grasos saturados por aceite de canola causa reducciones del nivel de colesterol de la sangre mayores a las que se verifican con aceites de girasol o soja (McDonald, 1995).

El ácido oleico se asocia con la estabilidad del aceite, y reduce los niveles en la sangre humana de colesterol de baja densidad, sin afectar el de alta densidad. Entre los aceites comestibles comunes, el de canola es superado solamente por el de oliva (que contiene más de 75 % de ácido oleico). Los restantes aceites mencionados arriba presentan niveles entre 20 y 25 %.

Los ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para los humanos y no pueden ser sintetizados en el cuerpo, por lo que deben ser suministrados en la dieta. La presencia de ácido alfa-linolénico aumenta el tiempo de coagulación de la sangre al inhibir la acumulación de plaquetas en las lesiones

internas de los vasos sanguíneos. De esta forma, reduce el riesgo de trombosis y enfermedades coronarias. A su vez, la presencia de ácido linolénico en moderadas cantidades le confiere al aceite propiedades antioxidantes, por las cuales se reduce la formación, en las paredes de los vasos sanguíneos, de vetas de grasa que constituyen el comienzo de la arteriosclerosis. En pacientes diabéticos se demostró que el consumo de aceite de canola redujo la incidencia de retinopatías (Downey & Röbblen, 1989).

La torta remanente del prensado ("meal") de la canola constituye un excelente suplemento proteico para el ganado. Posee además un buen balance de aminoácidos esenciales, lo que sumado a los niveles relativamente altos de fósforo, calcio, magnesio y manganeso, hace que este producto sea de una calidad superior a la de la harina de soja.

El aceite de canola puede ser utilizado como materia prima en la fabricación de aceites especiales y plásticos. La manipulación genética ha permitido desarrollar cultivares con combinaciones particulares de ácidos grasos para la producción de aceites con usos específicos, sean éstos comestibles o industriales.

Otro uso del aceite de canola es como combustible para motores diesel (biodiesel). El mismo, además de poseer cualidades similares a las del gasoil, posee una serie de ventajas como una mayor biodegradabilidad, baja toxicidad, baja volatilización y alto punto de ignición, lo que lo hace más seguro. Por otra parte, la combustión del biodiesel genera menores emisiones de dióxido de carbono, óxidos de azufre y partículas de carbono que el gas oil (Körbitz, 1995).

Las fuentes renovables de energía, y entre ellas el biodiesel, tienen un futuro brillante. Los acuerdos suscritos por la comunidad de naciones (Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas y Protocolo de Kioto) castigarán el uso de combustibles fósiles. Ello le otorgará ventajas económicas al uso de combustibles de fuentes renovables, por lo que la producción de cultivos energéticos podrá tener un importante estímulo en el país.

Por último, la canola puede ser utilizada como forraje para ser consumido por pasto-

reo directo o cortado y suministrado. También es posible su utilización como material de ensilaje. Los cultivares utilizados con estos fines deben ser de tipo forrajero, aunque también es posible la utilización de cultivares desarrollados con la finalidad de producir grano.

LA CANOLA EN URUGUAY

A principios de la actual década, frente a la situación de bajísimos precios del trigo, la Central Cooperativa de Granos implementó un plan de introducción y desarrollo del cultivo de canola en el país. Al mismo tiempo, el INIA, con apoyo económico de la Central de Granos, comenzó a realizar investigación de carácter exploratorio en materia de comportamiento de cultivares (Mandl, 1992, Ceretta 1993), fertilización (García Lamothe, 1992), control de malezas (Giménez, 1992), métodos de cosecha (Díaz Lago y Martino, 1995) y épocas de siembra (Díaz Lago y Martino, sin publicar). Otras instituciones nacionales (PROVA, Calprose) también desarrollaron algunos experimentos con canola.

A pesar del escaso conocimiento sobre su manejo, los productores que sembraron el cultivo lograron productividades que en general fueron aceptables. Sin embargo, luego de un impulso inicial relativamente importante, por diversas razones no se produjo una adopción masiva en el país. Durante toda la década, el cultivo estuvo prácticamente reducido a unos pocos cientos de hectáreas en la zona de Ombúes de Lavalle, Colonia. Los productores que lo adoptaron han ido refinando sus técnicas de producción y manifiestan un alto grado de satisfacción con la decisión que han tomado (ver capítulo de Ponce de León y Alves en esta publicación). La producción ha sido destinada en su totalidad a la producción de aceite para su exportación a Brasil.

Los escasos antecedentes de canola en el país han demostrado que el cultivo es viable tanto por su adaptación biológica como por su potencial económico. Los rendimientos de grano logrados a nivel experimental, y también en algunas situaciones de chacras, han llegado a niveles muy altos, comparables a los máximos reportados a nivel mundial.

Desde el punto de vista agronómico, la canola reúne una serie de características que la hacen muy atractiva. Entre ellas, cabe mencionar a la flexibilidad en la fecha de siembra, la posibilidad de realizar una cosecha temprana, rastrojos de fácil manejo, y mejora física del suelo (ver capítulo de Ponce de León *et al.* en esta publicación).

La industria aceitera también podría beneficiarse con el desarrollo de la canola en el país. Dos ventajas indudables son la diversificación en la materia prima y el suministro de grano en una época del año diferente a la de girasol. La canola también ofrece la posibilidad de desarrollar un producto de valor agregado, como lo es el aceite con propiedades ventajosas para la salud humana, que puede ser demandado por el segmento de mayor poder adquisitivo del mercado.

ALGUNOS CUESTIONAMIENTOS LOGICOS

Frente a la alternativa de incorporar un nuevo rubro a un sistema de producción surgen naturalmente una serie de interrogantes de diversa índole. A lo largo de la presente publicación se puede encontrar respuestas detalladas a muchos de estos cuestionamientos. Sin perjuicio de ello, consideramos que es ahora conveniente analizar brevemente algunos de ellos y suministrar posibles respuestas o soluciones.

Pérdidas de cosecha

Muchos productores y técnicos perciben al problema de desgrane de las silicuas de canola como el principal impedimento para la adopción del cultivo en Uruguay. Lógicamente, los productores no están dispuestos a incluir en sus ecuaciones económicas un nuevo factor de riesgo, aún considerando que las cifras de la canola son muy atractivas.

Este problema de desgrane tiene varias soluciones tecnológicas posibles. Una de ellas sería el uso de cultivares de la especie *B. rapa*, que tiene silicuas indehiscentes. Sin embargo, esta especie tiene una productividad notoriamente inferior a *B. napus*, y por

ello no resulta una opción interesante. Otra posibilidad es el uso de desecantes aplicados con avión. Esta técnica ha sido poco estudiada en Uruguay y es poco utilizada a nivel mundial, por lo que no tendría, en principio, buenas perspectivas. Una tercera alternativa sería el uso de selladores de silicuas, para la cual cabe el mismo comentario que para los desecantes. Finalmente, la solución que parece más viable, aún considerando que su implementación no está exenta de dificultades e inconvenientes, es la de cosecha con hilerado previo.

En Canadá, el trigo, el lino, la cebada y también la canola (*B. napus* principalmente) se cosechan casi siempre con hilerado. La razón principal es que estos cultivos se cosechan en otoño, cuando las condiciones climáticas determinan la necesidad de acelerar artificialmente el proceso de pérdida de humedad de los granos. Cuando se expandió el cultivo de canola, la incorporación del hilerado para evitar pérdidas por desgrane no tuvo mayores dificultades, ya que se trataba de un procedimiento conocido y utilizado ampliamente.

En Uruguay no hay una tradición de hilerado pre-cosecha para cultivos de grano, por lo que el nuevo cultivo implicaría además la introducción de una nueva práctica tecnológica que, como toda innovación, es de esperar tenga un ritmo de adopción inicialmente limitado. Los pocos productores que han sembrado canola en Uruguay, recién comenzaron a utilizar el hilerado después de cinco o seis años de experiencia con el cultivo. Este es el tiempo que se requiere para conocer el cultivo, percibir el problema, identificar las tecnologías existentes, adaptar y/o adquirir equipamiento, y finalmente, evaluar y afinar la tecnología seleccionada. Si se considera que estos productores pueden calificarse como particularmente innovadores, es posible especular con que la masa de productores requeriría un plazo no inferior a los diez años para adoptar la tecnología. Este podría constituir un importante obstáculo para la expansión del cultivo en Uruguay.

Sin embargo, hay por lo menos dos factores que podrían contribuir a una rápida difu-

sión de la práctica de hilerado de canola. El primero de ellos es que muchos productores uruguayos ya tienen experiencia con cosecha de semillas de leguminosas forrajeras, particularmente lotus, el cual tiene algunas características similares a las de canola en cuanto al problema de desgrane. El segundo factor es que la tecnología de cosecha con hilerado, muy desarrollada y ajustada en Canadá, sería fácilmente adaptable a nuestras condiciones, por lo que no sería necesario incurrir en prolongados y costosos procesos de investigación local para desarrollarla.

Un beneficio secundario de la introducción de la práctica de hilerado en canola puede ser el de viabilizar el uso de esta técnica en otros cultivos. En los últimos años el trigo y la cebada han presentado algunos problemas (sanitarios, calidad de grano, brotado en la espiga) relacionados con excesos de lluvias en la época de cosecha. Muchos productores han comenzado a pensar en adelantar la cosecha mediante el corte e hilerado de estos cultivos.

La técnica de cosecha de canola con hilerado se describe exhaustivamente en el capítulo de Ponce de León *et al.* en esta publicación. Tal vez la característica más resaltable sea la del momento óptimo de corte, que es más temprano que lo que *a priori* puede suponer cualquier productor experimentado en cosecha de trigo o cebada. A efectos de evitar la pérdida de granos, la cosecha debe ser lo más temprano posible luego de la madurez fisiológica del cultivo, y a la vez dar tiempo suficiente para minimizar la incidencia de granos verdes que afectan la calidad industrial del producto, así como maximizar la maduración de granos en silicuas tardías. Dicho momento óptimo ocurre cuando el cultivo se encuentra aún con marcada coloración verde, lo cual puede inducir a retrasos innecesarios en la decisión de cortar.

El equipamiento de hilerado también merece una consideración especial. Las hileradoras que se utilizan en canola reúnen ciertas características de diseño específicas para el cultivo: una cuchilla separadora vertical para evitar atascamientos y arrancado de plantas, particularmente en cultivos densos; la presencia de "dedos" curvados hacia abajo

en la barra de corte para levantar plantas volcadas; una "boca" de tamaño suficiente para que la gavilla salga en forma continua y homogénea; y altura de corte de 40-50 cm. La prevención de pérdidas causadas por viento se logra mediante el uso de rodillos compactadores de la gavilla en la cosecha.

Mercados

La existencia de un mercado con precios atractivos es el principal estímulo para la adopción de un nuevo cultivo. Según el análisis de Souto y Dabezies (en esta publicación), este parece ser el caso de la canola, tanto en lo que respecta a grano como a productos industriales (aceite y harina). El aceite de colza/canola es el tercero en importancia a nivel mundial, constituyendo 12% de la producción. Anualmente se comercializan internacionalmente cerca de 5 millones de toneladas de grano de colza/canola (9% del mercado internacional de granos oleaginosos), cifra superada solamente por la soja. Una proporción muy alta de esa cantidad comercializada es de calidad canola.

La magnitud del mercado de grano de canola sugiere que existe un potencial que los productores uruguayos podrían explorar. Sin embargo, es necesario considerar que los principales importadores se encuentran en Asia, y que los mayores exportadores (Canadá y Australia) se encuentran en una ubicación más ventajosa que la nuestra para competir. La principal ventaja competitiva de Uruguay radicaría en una potencialidad de rendimiento mayor a la de estos países.

El precio del grano de canola en puertos europeos ha oscilado, en los últimos cinco años, entre US\$ 260 y 320 por tonelada, ubicándose en general algo por debajo del precio de girasol (Souto y Dabezies, en esta publicación). Si se considera que la productividad del cultivo en Uruguay puede alcanzar fácilmente 2000 kg/ha, y que los costos de producción no serían mayores a los de trigo o cebada, este nivel de precios permitiría el logro de elevados ingresos netos a los productores.

La industria aceitera local y regional puede constituirse en un demandante de canola. Si bien en la actualidad no existen en la

región mercados importantes para el aceite y los subproductos de la canola, los mismos podrían desarrollarse con relativa facilidad. Según la experiencia de la industria oleaginosa uruguaya, la tecnología para la extracción de aceite de canola sería muy similar a la de girasol. Por otra parte, el grano de canola podría ser preferido por la industria con respecto al girasol en razón de su menor proporción de cáscara, su menor precio, la innecesidad de secado artificial y la superior calidad de la harina. La industria también se beneficiaría de un suministro de materia prima diversificado y más homogéneo a lo largo del año.

Hasta el presente, la producción de canola del país ha sido totalmente procesada por la industria aceitera local, y el aceite producido (unos 100.000 litros anuales) ha sido comercializado en Brasil. Algunas industrias oleaginosas de este país están promoviendo el aceite de canola en el segmento de alto poder adquisitivo del mercado de consumo en una campaña que resalta las propiedades beneficiosas de este aceite para la salud humana.

Disponibilidad de cultivares y semillas

La inserción exitosa de la canola en el país dependerá de la disponibilidad de cultivares adaptados a las condiciones locales y del suministro de las cantidades necesarias de semillas. La incertidumbre sobre la magnitud potencial del cultivo desaconseja, en una primera instancia, el establecimiento de un programa nacional de mejoramiento genético, por lo que el desarrollo del cultivo debe necesariamente basarse en materiales genéticos importados.

Algunas instituciones nacionales -el INIA, Central Cooperativa de Granos y Calprosea han realizado inversiones en evaluación de materiales y cuentan con una base de conocimiento y experiencia. Por ejemplo, es ya un hecho conocido que los materiales de tipo invernal no llegan a florecer en nuestras condiciones, o lo hacen muy tardíamente (Mandl, 1992), por lo que los más aptos serían los primaverales. También es posible afirmar que

los cultivares de *B. napus* tienen en general rendimientos y contenidos de aceite superiores a los de *B. rapa*.

El único programa de mejoramiento de la región es el de Nidera Argentina, en Venado Tuerto, que produce cultivares de polinización abierta con la denominación "Nolza". La empresa Zeneca también tiene en la misma localidad un programa de evaluación de cultivares, principalmente originados en Canadá. Los híbridos de esta empresa, denominados "Hyola", han demostrado muy buena adaptación y productividad en Uruguay, y han sido los materiales más sembrados en el país en los últimos años. Los híbridos como Hyola 401 tienden a tener menor estatura que otros materiales anteriormente utilizados, lo que les confiere mayor uniformidad de maduración y menor incidencia de pérdidas por vuelco y viento.

Además de las empresas mencionadas con presencia en la región, la oferta de semillas de canola a nivel mundial es muy amplia y variada. Diversas empresas de Canadá, Suecia, Australia y otros orígenes producen materiales de canola que podrían ser introducidos al Uruguay. Su utilización a nivel comercial debería estar precedida de cierta evaluación local.

Una particularidad de este cultivo es que, en razón de poseer un genoma relativamente simple, puede ser transformado genéticamente con relativa facilidad. Ello implica la posibilidad potencial de disponer de genotipos específicos para demandas particulares. La canola fue el primer cultivo en el cual se incorporó resistencia genética a herbicidas. Varios programas de mejoramiento en Canadá están produciendo cultivares transgénicos (con incorporación de genes de otras especies) y mutagénicos (con genes propios de canola) que confieren resistencia a varios herbicidas, o que producen aceite con un determinado perfil de ácidos grasos.

Malezas crucíferas

Considerando que la canola pertenece a la familia de las crucíferas, el control de malezas de esta familia (rábanos, nabo, mostacilla) puede ser problemático debido a

la falta de herbicidas selectivos. La sulfonilurea comercializada con el nombre Mustar, que en Canadá se utiliza para controlar crucíferas en el cultivo de canola, ya fue evaluada en La Estanzuela (Giménez, 1992) con resultados negativos para los rábanos (*Raphanus sp.*).

Estas malezas, además de su posible efecto competitivo sobre el cultivo, pueden causar problemas de contaminación del grano que causen que los contenidos de ácido erúxico y/o de glucosinolatos del lote superen los límites aceptados para la calidad canola. En primer término, la presencia de semillas de la maleza en el grano cosechado puede incrementar los tenores de dichas sustancias en la mezcla. Esto, sin embargo, sería poco probable para el caso de los rábanos, que tienen silicuas indehiscentes. En segundo término, el cruzamiento interespecífico de canola con estas malezas puede producir granos cuya constitución genética determine elevados contenidos de esas sustancias.

Tal vez la mejor alternativa para el combate de malezas crucíferas sea el uso de cultivares con resistencia genética a ciertos herbicidas. Mientras los mismos no estén disponibles, la alternativa es usar chacras en las que, en función de su historia de uso, no se espere una infestación importante.

Problemas potenciales de plagas y enfermedades

Hasta el presente no se ha detectado mayores problemas de insectos, tal vez como consecuencia del reducido tamaño del cultivo en el país (300-500 ha/año). En Canadá hay tres o cuatro plagas que son muy importantes, y que pueden llegar a serlo en Uruguay si el cultivo se expande. Lo mismo puede decirse de algunas enfermedades a hongos. El hecho de que buena parte del ciclo se desarrolla en condiciones de baja temperatura puede ser un factor que contribuya a aminorar los problemas de insectos. En una primera instancia habrá que monitorear la dinámica de posibles plagas, y de ser necesario, evaluar medidas de prevención y control.

BIBLIOGRAFIA

- CANOLA COUNCIL OF CANADA.** 1990. Canola's story. Origin and history. Folleto.
- CERETTA, S.** 1993. Evaluación de cultivares. INIA La Estanzuela.
- DIAZLAGO, J.E.; MARTINO, D.L.** 1995. INIA La Estanzuela. Jornada de Cultivos de Invierno 1995.
- DOWNEY, R.K.; RÖBBLEN, N.G.** 1989. Brassica Species. In Röbblen, G.; Downey, R.K.; Ashri, A.(ed.). Oil Crops of the World. McGraw-Hill. New York. 553 p.
- GARCIA LAMOTHE, A.** 1992. INIA La Estanzuela. Jornada de Cultivos de Invierno 1992.
- GIMENEZ, A.** 1992. INIA La Estanzuela. Jornada de Cultivos de Invierno 1992.
- KÖRBITZ, W.** 1995. Utilization of Oil as a Biodiesel Fuel. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I.(ed). 1995. Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB-International, Wallingford, UK. 394p.
- MAJO, E.** 1997. Cultivos alternativos. Prospección agronómica. INIA Serie Técnica 87.
- MARTINO, D.L.** 1995. Cultivo de Canola en Canadá. Informe de viaje. INIA La Estanzuela.
- MANDL, A.** 1992. INIA La Estanzuela. Jornada de Cultivos de Invierno 1992.
- MCDONALD, B.E.** 1995. Oil Properties of Importance in Human Nutrition. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). 1995. Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB-International, Wallingford, UK. 394p.

AGRONOMIA DE LA CANOLA

Facundo Ponce de León ⁽¹⁾

Daniel L. Martino ⁽²⁾

Juan Enrique Díaz Lago ⁽³⁾

CAPITULO II

1. INTRODUCCION

La colza es una oleaginosa de origen asiático que posee la particularidad de poder crecer y producir en invierno. Perteneció a la familia de las crucíferas y comprende tres especies: *Brassica napus*, *B. rapa* (antes *campestris*) y *B. juncea*. Se la ha cultivado durante miles de años y de ella se ha obtenido aceites comestibles, combustibles, lubricantes, jabones y plásticos, así como también subproductos de buena calidad forrajera. Actualmente es producida en regiones de climas muy diversos, principalmente Canadá, Europa del este, sur de Australia, India y China, siendo la tercera oleaginosa en importancia (69).

A mediados de este siglo se descubrió que los niveles de ácido erúrico de los aceites de colza podían llegar a ser tóxicos para los humanos. También se encontró que la torta remanente del prensado contenía altos niveles de glucosinolatos; que generaban rechazo por el ganado. Esto motivó el comienzo de trabajos de mejoramiento genético en este cultivo, contemplando especialmente el problema. En 1972 Stephenson, de la Universidad de Manitoba, Canadá, obtuvo el primer cultivar de colza con cantidades inocuas de ácido erúrico (menos de 2 %) y bajo tenor de glucosinolatos (menos de 150 $\mu\text{mol/g}$) (114); dando origen a un nuevo tipo de colza que denominó *Canola* (Canadian Oil Low Acid).

La canola tiene entre 38 y 44 % de aceite en su semilla y entre 36 y 45 % de proteína en su harina. El aceite tiene bajos niveles de ácidos grasos saturados, altos niveles de ácidos grasos monoinsaturados, principalmente linolénico y linoleico. Esta particular combinación de ácidos grasos hace que este aceite determine reducciones relativas de colesterol en plasma y se lo considere de excelente calidad para consumo humano (85).

En las dos especies más cultivadas (*B. napus* y *B. rapa*) existen cultivares invernales, que poseen requerimientos de frío para su desarrollo, y primaverales. En general, con ambientes favorables que no llegan a darse en Uruguay, los cultivares invernales son más productivos que los primaverales (2). No obstante, los rendimientos logrados con cultivares primaverales a nivel experimental y en chacras de nuestro país, están entre los más altos del mundo.

Los antecedentes en Uruguay demuestran que la canola es un cultivo viable, tanto por su adaptación biológica como por su potencial económico. A pesar de esto, nunca tuvo mayor importancia en nuestro país. Las ventajas agronómicas que este cultivo representaría en el sistema de rotaciones, la no necesidad de adaptaciones tecnológicas de importancia, la posibilidad de abastecer de materia prima a la industria aceitera en época de relativa ociosidad de las fábricas y las fluctuaciones en los precios del trigo, son factores que señalan claramente la posibilidad de incorporar la canola al sistema productivo uruguayo.

⁽¹⁾ Ing. Agr., INIA La Estanzuela. E-mail: facundo@inia.org.uy

⁽²⁾ Ing. Agr., M.Sc., Ph.D., INIA La Estanzuela. E-Mail.martino@inia.org.uy

⁽³⁾ Ing. Agr., INIA La Estanzuela.

2. FISILOGIA DEL CULTIVO

2.1 Crecimiento y desarrollo

2.1.1 Germinación y establecimiento de la plántula

Una vez que la semilla logra absorber suficiente cantidad de agua, la cubierta se rompe y comienza a crecer la raíz, desarrollando pelos laterales a medida que crece en longitud. Inmediatamente comienza el crecimiento del hipocotilo, el cual empuja hacia arriba los cotiledones, que son de forma acorazonada, característica de las crucíferas (figuras 1a y 1 b). Finalizada la emergencia, la plántula posee una raíz de 5-6 cm de longitud y un tallo de 1-2,5 cm de altura. Los cotiledones comienzan a aportar fotosintatos a la planta al expandirse y tornarse verdes (128).

Esta fase del desarrollo depende de la temperatura del suelo. En ensayos de laboratorio (75), la germinación de semillas de *B. na* duró un día con el suelo a 25° C y 14 días a 2° C. La germinación se hizo excesivamente lenta a temperaturas del suelo menores de 8° C, efecto también reportado por otros investigadores (134). En el caso de *B. rapa*, los porcentajes de germinación a temperaturas menores a 7° C y mayores a 25° C fueron significativamente menores que los registrados en la otra especie. También se observó que con temperaturas en el suelo de 2° C, la primera logró 90% de germinación, mientras a 3° C la segunda sólo logró un 67 %. Durante este período los meristemos del punto de crecimiento se encuentran entre los cotiledones, por lo que están muy expuestos a las condiciones climáticas (128).

2.1.2 Roseta

La cantidad de hojas desarrolladas en este período depende de la tasa de aparición de primordios florales en el ápice, de la tasa de desarrollo de hojas a partir de éstos y de la duración del mismo. La cantidad y velocidad de aparición de primordios es característica de cada cultivar y está afectada por la temperatura, disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno) y com-

petencia con otras plantas. El desarrollo de las hojas aparecidas depende de la temperatura, disponibilidad de agua, nutrientes y luz. La temperatura mínima por debajo de la cual el crecimiento se hace insuficiente es de 3° C y la óptima de entre 10 y 15° C (87).

En este período ocurre un rápido crecimiento del eje principal de la raíz en dirección vertical y de las raíces secundarias en dirección horizontal. Aunque el aparato radical sigue creciendo hasta el fin de floración, los mayores niveles de reservas de carbohidratos y nitrógeno se alcanzan en el final del estado de roseta (128). De esta manera, la planta entra con suficientes reservas a la fase de elongación, período en el que ocurre la mayor tasa de crecimiento.

En el caso de plantas creciendo en condiciones favorables, el índice de área foliar (IAF) se hace máximo recién en mitad de floración, mientras en roseta sólo llega a valores de aproximadamente 1 a 2 (128). A pesar de esto, la cantidad de hojas que se logren desarrollar en este período tiene una importancia decisiva sobre el potencial fotosintético del cultivo y, en consecuencia, sobre el rendimiento. *B. napus* en general desarrolla hojas más grandes y en mayor cantidad que *B. rapa* y al interceptar más luz, tiene mayor tasa de crecimiento y consigue mejor desarrollo radical (128). Al final de esta etapa, la planta es una roseta, con un tallo grueso de 1 a 2,5 cm de altura, hojas dispuestas helicoidalmente y una raíz principal de aproximadamente 30 cm de longitud (figuras 1c y 2) (87).

2.1.3 Iniciación floral y elongación

Cada primordio foliar tiene el potencial de desarrollar un nuevo meristemo axilar. A partir de uno de éstos, en el centro de la roseta, se comienza a desarrollar el botón floral que dará las flores del racimo principal (figura 1d). Esto ocurre en el ápice del tallo principal, que inicia la elongación mientras los pimpollos se desarrollan en la inflorescencia, espaciándose pero permaneciendo cerrados (figura 1e). Mientras los entrenudos se separan, comienza el desarrollo secuencial de nuevos racimos a partir de las axilas de las primeras hojas que se encuentran más próximas a la inflorescencia principal (figuras 1f y 3). Cuando los pimpollos

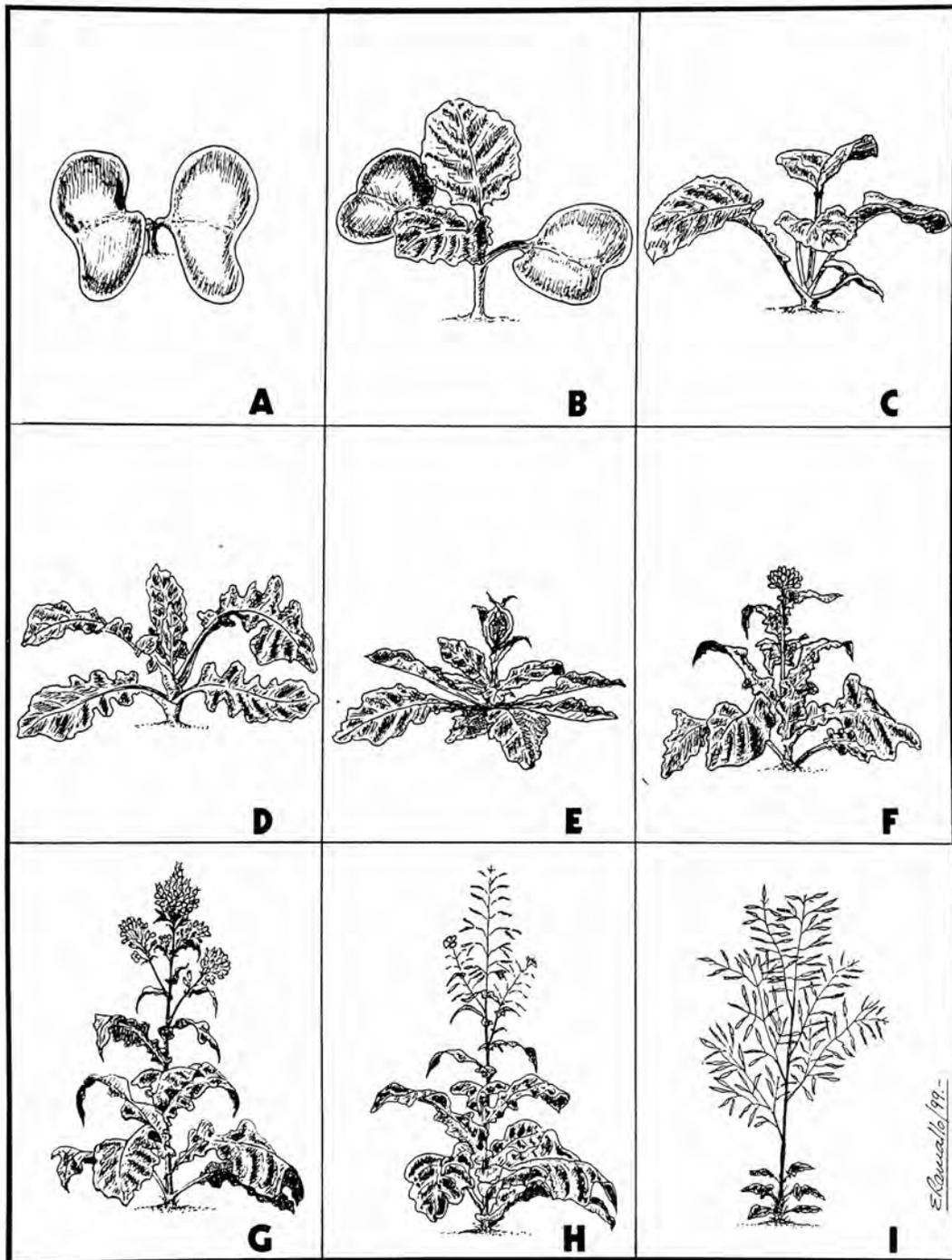


Figura 1. Crecimiento y desarrollo de la planta de canola.

Figura 2. Planta de canola en estado de roseta.



comienzan a diferenciarse a simple vista, ocurre el desarrollo del gineceo y androceo. Antes de que éste se torne amarillo, se liberan las micrósporas de las tétradas y los óvulos comienzan a diferenciarse en el ovario, proceso que se completa con el pimpollo ya amarillo (87).

El comienzo de esta fase puede estar determinado por un alargamiento de los días (en aquellos cultivares con respuesta al fotoperíodo), por un aumento de la temperatura, o por ambos factores interaccionando (87). Además de lo antes mencionado, cada cultivar necesita una cantidad mínima de hojas desarrolladas para que comience la elongación. Algunos materiales poseen requerimientos de frío, que de no ser satisfechos, pueden provocar una floración escasa y desapareja o inclusive impedirla (49). Por otra parte, en nuestro país se ha cultivado con éxito un mismo cultivar en verano y en invierno. Las bases de la respuesta de la canola a la vernalización y al fotoperíodo no están claras aún, por lo que el comportamiento de los diferentes cultivares con respecto a estos dos factores es sumamente empírico.

En general, altas temperaturas y/o días largos que induzcan la floración, producen un acortamiento en las fases de roseta y de elongación. Las reducciones en la primera fase son de mayor magnitud relativa que en la segunda (49). Existe una estrecha asociación entre la duración del período de



Figura 3. Inflorescencia principal y axilares.

elongación y el rendimiento del cultivo; períodos más largos se asocian a mayor cantidad de silicuas en inflorescencias más grandes. Debido a ésto, acortamientos del período de elongación, aún siendo relativamente menores, pueden llegar a ser más perjudiciales que en el período de roseta (87). En este período, el IAF se sigue incrementando lentamente debido a la elongación y el desarrollo de brácteas en los racimos.

2.1.4 Floración y fecundación

La floración comienza con la apertura de la primera flor. Esto ocurre en el pimpollo de más abajo del racimo principal y continúa en dirección acrópeta (128). En los racimos de *B.napus* los pimpollos, flores y silicuas se ubican en el mismo orden en el que aparecen (figura 4). En los racimos de *B.rapa* en cambio, las flores más viejas, aunque insertas más abajo, se elevan por encima de los pimpollos en formación (figura 5). Los pimpo-



Figura 4. Inflorescencia de *B. napus*.



Figura 5. Inflorescencia de *B. rapa*.

llos se siguen abriendo secuencialmente a un ritmo de entre tres y cinco o más por día. En el caso del racimo principal, la floración tiene una duración de entre dos y tres semanas. La apertura de flores en el racimo secundario comienza dos a tres días después de comenzar en el racimo principal, secuencia que se repite entre los demás racimos (figura 1g). Esta etapa dura aproximadamente cuatro semanas. Al avanzar el proceso, los tallos de los racimos se alargan mientras los pimpollos se transforman en flores y las flores en silicuas (87). *B. rapa* presenta floraciones más dilatadas y mayor número de racimos secundarios que *B. napus* y aunque también florece en secuencias, éstas son menos definidas y más superpuestas (128).

En general, la cantidad de silicuas que finalmente cuajarán es aproximadamente la mitad de la cantidad de flores que la planta produce. Llegan a dar fruto más frecuentemente, las flores que se formaron en los primeros quince días de floración y de los primeros tres racimos. Condiciones adversas disminuyen la cantidad de flores que darán silicuas o bien concentrarán el cuajado en otro momento de la secuencia de floración, donde ocurran condiciones más favorables (128).

Las flores se abren temprano en la mañana y se cierran por la noche, permaneciendo receptivas por tres días. El polen se libera en el primer día de apertura y es dispersado por insectos o viento. *B. napus* y *B. juncea* tienen promedialmente un 30 % de fecundación cruzada, mientras *B. rapa* puede presentar diferentes grados de autoincompatibilidad. La polinización por abejas puede ser más importante en *B. rapa* debido a esta condición; en las restantes puede ser beneficiosa, aunque no imprescindible. Independientemente de la especie de que se trate, la presencia de abejas, en general acorta el período de floración, mientras su ausencia lo alarga (87).

Al comienzo de la floración el rendimiento potencial ya está fijado y depende del balance entre el área fotosintética lograda y el número potencial de flores, silicuas y semillas. Reducciones en el área foliar en este momento pueden provocar mermas importantes del rendimiento. El 70% de los fotosintatos en esta etapa son aportados

por las hojas, mientras que el resto es aportado por los tallos. El número de nudos desarrollados en el tallo es un buen indicador de la edad fisiológica de la planta y por tanto del grado relativo de desarrollo vegetativo que pudiera haberse logrado hasta la floración (87).

Ambas especies logran el mayor IAF cuando tienen el 50 % de las flores abiertas. Este alcanza generalmente un valor de 4 en *B. napus* y de algo más de 3 en *B. rapa*, llegando a interceptar un 90 % de la radiación incidente. Luego de este momento el IAF disminuye rápidamente (87). No obstante, *B. napus* comienza a florecer cuando todavía no llegó a la mitad de su peso seco máximo mientras *B. rapa* lo hace con mayor antelación, lo que explica en parte la diferencia en el potencial de rendimiento entre una y otra (22).

La raíz completa su desarrollo en las últimas etapas de esta fase. La diferencia antes mencionada en el crecimiento de la parte aérea al momento de la floración, explica también el menor desarrollo radical de *B. rapa* con respecto a *B. napus*. En general este órgano puede alcanzar hasta un metro de profundidad, pero más del 50 % de la superficie radical se encuentra en los primeros 20 cm de suelo (49).

2.1.5 Desarrollo del fruto y madurez

Pocos días luego de antesis, la silicua comienza un rápido crecimiento en longitud y luego en peso. Recién unos 20 días luego de comenzar el crecimiento, alcanza su longitud final. Una vez finalizado el crecimiento longitudinal, la semilla comienza a incrementar su peso. Cuando el grano alcanza el 35 % de su peso final, la silicua ya tiene sus paredes totalmente desarrolladas. Finalizado su desarrollo, pueden observarse dos carpelos conteniendo las semillas, separados por una membrana longitudinal. En general se desarrollan entre 15 y 40 semillas en cada silicua (128).

Pasada la mitad de la floración, cuando las silicuas más viejas ya comenzaron a elongarse (figura 6), el área foliar disminuye y las hojas ya no son la principal fuente de asimilatos (figura 1h). El tallo y las paredes



Figura 6. Silicuas elon-gando en inflorescencia de canola.

de las silicuas, comienzan a ser importantes fuentes de carbohidratos. Ensayos durante el crecimiento de las silicuas llevados a cabo por Chapman *et al* citado por (87), mostraron que en este período, el área foliar aportó 13 % de los fotosintatos, los tallos 40% y las silicuas de más arriba 47%. También se encontraron correlaciones positivas entre la radiación interceptada por las silicuas y el número de semillas en éstas. Tres a cuatro semanas luego de la etapa de plena floración, ocurre la mayor demanda de fotosintatos y nutrientes. En este momento, la cantidad de silicuas y semillas ya está determinada y ocurre el llenado de grano.

En esta fase los racimos, y las flores y silicuas de un mismo racimo, compiten por recursos. Las silicuas y racimos más viejos pueden producir más fotosintatos, y además son un importante sitio de deposición de carbohidratos del resto de la planta. Gracias a esta ventaja son más grandes y tienen semillas en mayor cantidad y de más peso. El racimo principal tiene el 25 % de las flores de la planta aproximadamente y producirá un 40% de la cantidad final de silicuas (figura 1h). Cualquier situación de estrés que reduzca el aporte de fotosintatos, reducirá la cantidad de flores que cuajen, el tamaño de las silicuas y el peso de las semillas (128).

En las primeras dos semanas de desarrollo de la semilla, ésta aumenta su volu-

men hasta adquirir casi su tamaño final, adquiriendo la apariencia de un globo translúcido, lleno de agua y rodeado por la epidermis. Luego comienza a crecer el embrión que constituirá la mayor parte del tejido de la semilla. Entre 35 y 45 días luego de la apertura de la flor, la semilla tiene color verde, consistencia firme y lípidos y proteínas suficientes para asegurar la germinación (figura 7). En el proceso antes mencionado hay una gran demanda de asimilatos por parte de la semilla en formación, los que son suministrados principalmente por la pared de la silicua. Esto explica la importancia de proteger silicuas y tallos en esta etapa. En este momento tienen aproximadamente



Figura 7. Silicua con semillas en madurez fisiológica. Fotografía cortesía de Canola Council of Canada.

40 % de humedad, que van perdiendo a un ritmo de dos a tres por ciento diario, el cual varía según las condiciones climáticas (128).

La temperatura es el principal factor determinante de la duración de esta etapa. Mendham *et al*, 1981 (88), encontraron que dentro de un rango de temperaturas medias diarias de entre 12 y 16°C, existió una relación lineal entre la misma y la tasa de desarrollo (medida como: 1/días desde floración a cosecha). En ésta, se observó una reducción de 8 días por cada grado de aumento en la temperatura media diaria. La duración de esta etapa tiene relación directa con el rendimiento, registrándose mayores rendimientos en años con bajas temperaturas en este período (49). Temperaturas excesivamente altas también pueden ocasionar abortos florales y/o esterilidad. En investigaciones sobre este aspecto (95) se observó esterilidad en flores de canola cuando se las mantuvo a 27 y 17°C de temperatura media diaria y nocturna respectivamente. Otros autores (87) mantuvieron plantas de canola a 20 °C de temperatura media durante 10 días y encontraron reducciones en la cantidad de semillas y en el crecimiento de las silicuas.

2.2 Requerimientos hídricos y eficiencia del uso de agua

La semilla de canola necesita absorber una gran proporción de su peso en agua para poder germinar. Por esto, es un cultivo particularmente sensible a la falta de humedad en el suelo en la siembra, pudiendo esta situación ocasionar germinaciones y/o emergencias pobres o desaparejas. En general, un adecuado suministro de agua promueve un crecimiento radical rápido y amplio con abundante área foliar. También alarga la vida de las hojas y el largo del período de floración. Esto produce un incremento en el número de racimos, en la cantidad de flores que forman silicuas, en la cantidad de semillas por silicua y en el peso de éstas. Deficiencias de agua en estados tempranos de crecimiento vegetativo reducen la expansión foliar y el crecimiento radical. De esta manera se ve afectada la absorción de agua y nutrientes, y la producción de materia seca en ese mo-

mento y en el futuro. Esta situación puede revertirse si comienza a haber agua disponible, pero las plantas partirán de un IAF y un desarrollo radical relativamente menor, lo que provocará tasas de desarrollo comparativamente más pequeñas, maduración más temprana y reducción de rendimientos (128).

Floración a madurez es el período más sensible a la falta de agua, particularmente entre comienzo de floración y la formación de las primeras silicuas (98). En caso de ocurrir un déficit en ese momento, las hojas entrarán prematuramente en senescencia, se verá reducido el número y tamaño de racimos, el tamaño y cantidad de silicuas por racimo y el tamaño y cantidad de semillas por silicua. En caso de que el estrés sea muy severo, las silicuas recién formadas pueden abortar (49). Si además la falta de agua se asocia a altas temperaturas, este período se acortará aún más. La combinación de baja humedad relativa ambiente y calor puede impedir la germinación del polen y la fecundación. A pesar de lo antes mencionado, es difícil que un período de estrés provoque grandes mermas en el rendimiento. Esto se debe a que la canola tiene un período de floración relativamente largo y buena capacidad de compensación de los distintos componentes del rendimiento, lo que lo hace un cultivo flexible en este sentido (49).

En general la evapotranspiración de agua de un cultivo de *Brassica napus* es entre 10 y 20% superior al de *Brassica rapa*. Esta diferencia es proporcional a la diferencia de rendimiento entre estas especies (128). Por otra parte *B.napus* es más tolerante al estrés hídrico que *B. rapa* debido a que posee una mayor relación raíz/tallo y a que produce una gran proporción de la materia seca final antes de antesis. *B.rapa* produce una mayor proporción de la materia seca después de antesis. Esto supone que la primera llegará a este momento con más reservas disponibles para las flores y con mayor capacidad fotosintética que la segunda. Además de lo antes mencionado, *B. napus* tiene la capacidad de generar cortas raíces tuberosas cuando se encuentra en condiciones de estrés hídrico (87). En ensayos (24) con ambas especies bajo un mismo

nivel de estrés hídrico se midió mayor potencial osmótico, menor temperatura de la hoja y mayor fijación de dióxido de carbono en *B. napus* que en *B. rapa*. Se han comprobado diferencias en la capacidad de osmorregulación entre especies. *B. rapa* pierde turgencia en la hoja a potenciales de agua mayores que *B. napus* y ésta a su vez lo hace a potenciales mayores que *B. juncea*. De esta manera, determinado nivel de deficiencia hídrica puede significar estrés en una especie pero no en otra y/o un retardo en la entrada en estrés de una con respecto a la otra especie (136).

Existe una interacción entre la eficiencia de uso del agua y la disponibilidad de nutrientes que determina que la primera aumente al aumentar la segunda. En el caso del nitrógeno, esto se debe a una mayor proporción de agua transpirada en detrimento de la evaporada por el suelo como consecuencia de un mayor desarrollo de la planta y a una mayor proporción relativa de carbono destinada al llenado de grano. En el caso del fósforo, el incremento en la eficiencia se debe principalmente a un mejor desarrollo radical y sus consecuentes beneficios (87).

2.3 Susceptibilidad a heladas y granizo

El cultivo de canola es relativamente poco afectado por heladas. El daño debido a esta causa está relacionado principalmente con el estado fenológico del cultivo. En cotiledón y hasta primera hoja verdadera inclusive, el punto de crecimiento está muy expuesto y las heladas pueden matar la planta. Tal lo sucedido en un cultivo de la zona de Ombúes de Lavalle durante 1996, cuando una intensa helada mató la casi totalidad de las plantas en estado de cotiledón que se encontraban en las zonas bajas. La susceptibilidad se va perdiendo gradualmente a medida que el punto de crecimiento va quedando protegido por las hojas que se van desarrollando. Cuando la planta llega a tener cinco hojas verdaderas es capaz de soportar temperaturas de hasta -10 °C, pudiendo morir algunas hojas, pero sin verse afectado el punto de crecimiento. En general, los cultivares de *B. rapa* tienen el punto de crecimiento más protegido

que los de *B. napus* y pueden soportar temperaturas más bajas (42).

En Francia (C.E.T.I.O.M., 1978 y Rollier, 1978) citados por (98), encontraron que temperaturas menores a 8°C según la primera fuente y a 2°C según la segunda, pueden afectar botones florales y flores abiertas. Cuando la helada ocurre al comienzo de la floración y afecta pimpollos flores y/o silicuas, la planta reacciona reteniendo flores y silicuas que de otra manera hubiesen abortado naturalmente (22). Cuanto más tarde en la floración ocurra la pérdida, menos potencial de recuperación tendrá la planta, principalmente porque las fructificaciones retenidas tardíamente no madurarán a tiempo o lo harán en un período excesivamente corto (49).

Experimentos con un cultivar de *B. napus* en etapa reproductiva (77), simulando heladas en la madrugada (4 h a -3 °C), mostraron que éstas pueden dañar los óvulos pero no los granos de polen. El daño sobre los óvulos se produjo como consecuencia de la formación de hielo en las células, habiéndose encontrado, en un mismo ovario, óvulos sanos y óvulos dañados. La sensibilidad de los óvulos a este tipo de estrés comienza ocho días antes de anthesis y se incrementa a medida que se acerca a ese momento. En este experimento se observó además que el principal efecto del frío sobre las semillas consiste en una inhibición del llenado. El período de sensibilidad se extendió desde la fecundación hasta 20 días después, lapso que corresponde a la ocurrencia de divisiones celulares, luego del cual comienza la expansión celular. La sensibilidad del embrión, en cambio, se extendió hasta el 35º día luego de la fertilización, período en el cual las temperaturas manejadas afectaron la viabilidad del embrión.

En ensayos en La Estanzuela, la ocurrencia de frecuentes heladas durante la floración (figura 8) no impidió que algunos cultivares logaran buenos rendimientos y manifestaran su mayor potencial con respecto a los demás, muchos de los cuales no sufrieron heladas en ese período (Díaz y Martino, sin publicar). Como puede apreciarse en la figura 8, a pesar de que las plantas emergidas en la primera época su-



Figura 8. Helada en ensayos de canola en La Estanzuela.

frieron heladas en floración, obtuvieron rendimientos similares a las emergidas en la segunda.

Otros autores (93) señalaron que en la etapa de maduración del grano, temperaturas bajo cero afectaron a semillas inmaduras con más de 50 a 60 % de humedad. Con menores contenidos de humedad los daños disminuyeron. Semillas con contenidos de humedad por debajo de 35 % no se verán afectadas por esta causa.

El granizo puede causar daños de magnitud variable según la intensidad del fenómeno y la etapa fenológica del cultivo. Las plantas se perderán si estando en estado de cotiledón, ambos cotiledones o el tallo debajo de éstos, fueron dañados. Si la granizada ocurre en etapas vegetativas más avanzadas, las hojas morirán si fueron dañadas en los vasos principales y/o quebradas; si el punto de crecimiento no fue dañado, la planta quedará con las hojas sobrevivientes y además producirá nuevas. El daño en el follaje producirá mermas en el rendimiento a pesar de su capacidad de recuperación. Cuando el problema ocurre en floración temprana, la planta difícilmente muere; generará nuevos racimos y se desarrollarán flores que hubieran abortado espontáneamente en otras circunstancias. El cultivo tendrá

menor capacidad de compensación, y las mermas en el rendimiento serán mayores cuanto más avanzado esté en su desarrollo. Si el fenómeno ocurre en etapa de maduración, el cultivo ya no tendrá oportunidad de ningún tipo de recuperación y las reducciones en el rendimiento serán proporcionales a la cantidad de silicuas dañadas (128).

2.4 Componentes del rendimiento

El rendimiento de este cultivo es el producto de la cantidad de silicuas por unidad de superficie, la cantidad de semillas por silicua y el peso individual de las semillas (22). Las etapas que involucran el desarrollo de los componentes del rendimiento antes mencionados, ocurren sucesivamente, superponiéndose en algunos momentos. Esto da origen a una gran competencia dentro de la planta, no sólo entre elementos de una misma etapa fenológica (entre flores, entre silicuas y entre semillas) sino también entre elementos de distintas etapas (entre flores y silicuas, entre silicuas y semillas, entre semillas y flores). Las variaciones en los componentes del rendimiento y por tanto, en el rendimiento propiamente dicho, se explican por la manera en que ocurre esta sucesión, por las condiciones del cultivo y por las condicio-

nes ambientales, principalmente agua, luz y temperatura (87).

Existe una tendencia general de los componentes del rendimiento a compensar entre sí. De esta manera, una restricción en la producción de flores seguida de condiciones favorables de crecimiento, producirá un cultivo con pocas silicuas pero con más granos y de mayor peso individual. Frecuentemente, el número de vainas por planta está correlacionado negativamente con la cantidad de semillas por vaina y con el peso individual de éstas. El tamaño de las semillas también puede verse reducido si la cantidad de éstas por unidad de superficie es excesiva con respecto a lo que el cultivo puede soportar (22). En ensayos en Argentina (119) y Australia (61) se observó que el componente mejor correlacionado con el rendimiento es la cantidad de granos por metro cuadrado. La cantidad de silicuas por metro cuadrado presentó generalmente una menor asociación con el rendimiento de grano, pero estuvo estrechamente asociada a la cantidad de granos por unidad de superficie. El número de silicuas por unidad de superficie varía más debido a condiciones ambientales, que lo que lo hace el número de semillas por silicua. A su vez, el número de semillas por silicua varía más que el peso individual de la semilla (cuadro 1). Según Clarke & Simpson citados por

(22), la menor variación de los dos últimos factores se debe a la producción de asimilatos de la propia silicua. Debido a ello, las estrategias de manejo para aumentar el rendimiento deberían dirigirse hacia el incremento de la cantidad de semillas por silicua y/o de silicuas por unidad de superficie, más que hacia el de los demás componentes.

El mecanismo de fuente - fosa operante determina que los fotosintatos que se incrementen en un componente falten en otro. El logro de un buen crecimiento vegetativo puede mejorar los componentes del rendimiento simultáneamente, o al menos uno sin perjudicar excesivamente a los otros. De esta manera, satisfaciendo la demanda del componente incrementado, se aumenta el rendimiento y aunque la magnitud del efecto de la competencia entre los componentes pueda ser igual, será una menor proporción del rendimiento total (87).

3. MANEJO DEL CULTIVO

3.1 Especies, variedades y época de siembra

Existen características propias de cada especie de canola, dentro de las cuales ocurre la variabilidad genética. Si bien algu-

Cuadro 1. Variaciones en los componentes de rendimiento entre localidades, especies, cultivares y épocas de siembra. Adaptado de (87).

Lugar	Especie	Cultivar/ época siembra	Silicuas/m ² (10 ³)	Semilla por silicua	Peso medio de semilla (mg)	Rend. (g/m ²)
Australia	B. napus	---	1,10	13,1	3,38	48
	B. rapa	---	2,49	9,8	1,94	46
Tasmania	B. napus	Marnoo	8,40	14,4	4,07	492
	B. napus	RUI	7,28	13,7	4,32	428
	B. rapa	Jumbuck	8,40	7,8	2,79	183
	B. rapa	Chinoli	7,53	9,8	3,58	256
R. Unido	B. napus	S. temprana	12,2	5,7	5,72	358
	B. napus	S. tarde	3,9	7,1	4,45	123

nos cultivares pueden parecerse más a otros de diferente especie que a algunos de la especie a la que pertenecen, las diferencias entre *B. rapa* y *B. napus* son consistentes. La primera tiene un potencial de rendimiento 15 a 20 % menor que la segunda, es de ciclo más corto y tiene una maduración más homogénea y sin desgrane. El porcentaje de aceite en el grano es uno a dos puntos menor que el de *B. napus*, y su harina tiene una proporción más baja de fibras y taninos. En ambas especies existen cultivares invernales y cultivares primaverales (87).

B. napus es la más cultivada en Europa y Canadá. Los cultivares invernales de esta especie son los más productivos donde el ambiente es favorable y son los más cultivados en Europa, China, este de Canadá y parte de Estados Unidos. Inviernos muy fríos como los del oeste de Canadá impiden el cultivo de cultivares invernales y obligan a cultivar en verano utilizando variedades primaverales. La diferencia en el potencial de rendimiento de ambas especies determina que *B. rapa* sea cultivada donde *B. napus* no puede serlo. Los cultivares invernales más adaptados al frío y los primaverales de ciclo más corto pertenecen a *B. rapa*. En el NE de Saskatchewan (Canadá), donde se dispone de menos humedad, se utilizan cultivares primaverales de *B. rapa* por tener un ciclo más corto que los primaverales de la otra especie (87). En Argentina, sur de Brasil y Uruguay, al igual que en el sur de Australia, se siembran cultivares primaverales en el invierno. En estos lugares, los cultivares de invierno pueden no satisfacer sus requerimientos de frío, lo que representa una limitación para su cultivo en Uruguay.

B. juncea se cultiva en China e India para producir aceite y en Canadá para la obtención de mostaza. No se ha logrado obtener canola a partir de esta especie, aunque se espera que esto suceda en un corto plazo. Su alto potencial de rendimiento y resistencia al estrés hídrico hacen suponer que podrá constituir una buena alternativa como cultivo de verano o de invierno en zonas secas (87).

Esta especie también se está usando en programas de mejoramiento genético en Canadá para introducir, a través de cruza-

mientos con *B. napus*, resistencia genética a algunas enfermedades. En evaluaciones en nuestro país (30), cultivares de esta especie se destacaron entre otros de canola como unos de los de mayor rendimiento.

En el mercado existen híbridos y variedades de polinización abierta de ambas especies. En evaluaciones de cultivares de canola en La Estanzuela (30) (figura 9), se destacó *B. napus* sobre *B. rapa*. Dentro de cada especie los híbridos superaron a las variedades. Entre los híbridos, los de *B. napus* se destacaron sobre los de la otra especie, aunque la diferencia para los ensayos de un año fue promedialmente de 7%. Estos híbridos sobresalieron por su velocidad de implantación y nivel de rendimiento en todas las épocas, incluso en las siembras más tempranas.

En base a lo antes mencionado acerca de la fisiología del cultivo, las siembras de mayo a junio aparecen como las más apropiadas. Esta hipótesis es soportada por la información experimental obtenida en Argentina (19) (101) (102) (132) (133), Brasil (30) y Uruguay (22) (82) (cuadro 2). En siembras más tardías, los rendimientos disminuyen especialmente a partir de Agosto y Setiembre, lo que se debería a un acortamiento en las fases de desarrollo (22) (49) (102). Esto, según Thurling (130), se traduce en una menor cantidad de silicuas por planta y menos semillas por silicua. No obstante, en algunos ensayos más recientes (figura 9 y cuadro 2) que incluyen nuevos cultivares, no se encuentran diferencias importantes entre los rendimientos de cultivos sembrados temprano y los sembrados tarde. Esto podría deberse a la introducción de nuevos materiales mejor adaptados a siembras tardías (agosto) en nuestro país.

En ensayos en La Estanzuela (30) se encontró que atrasos en fechas de siembra provocaron reducciones en el período emergencia - floración (figura 10). Estas reducciones fueron de aproximadamente 20 días por cada 45 días de atraso en la emergencia después del 1º de junio. En los materiales de ciclo más corto las reducciones fueron más acentuadas mientras que en los de ciclo más largo fueron más leves. El período

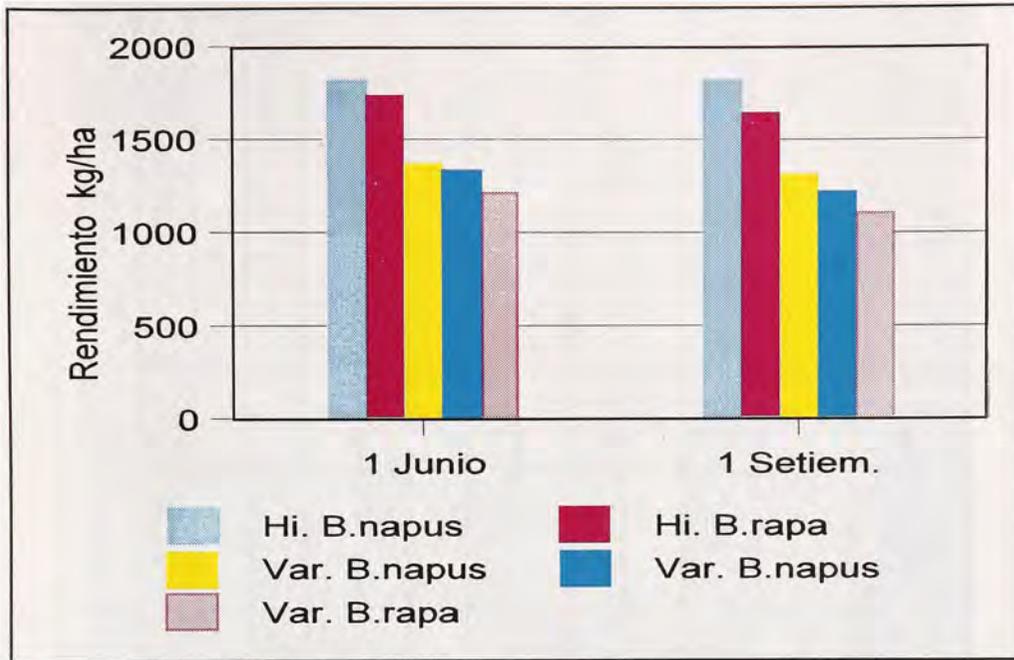


Figura 9. Rendimiento de grano de cinco grupos de materiales en dos épocas de emergencia en La Estanzuela (Hi= híbridos; var= variedades de polinización abierta) (Díaz y Martino, sin publicar).

floración - madurez también se vio acortado con retrasos en la siembra. Por otro lado, inviernos más cálidos mostraron tener el efecto de acortar el ciclo del cultivo. En cultivos instalados en mayo o junio, la floración ocurre en un período de riesgo de heladas. Estas, como se mencionara anteriormente, parecieran no tener mayores efectos sobre el rendimiento. En estos mismos ensayos, se observó que la ocurrencia de heladas alargó el período de floración, haciéndolo menos uniforme.

3.2 Preparación de tierras y siembra

El reducido tamaño de la semilla de canola (2 mm de diámetro en *B. napus* y 1,5 mm en *B. rapa*) determina que resulte importante lograr una cama de siembra firme, convenientemente compactada, pareja y afinada, de manera de lograr un buen contacto de la semilla con el suelo (133). La firmeza y compactación de la tierra asegura un mejor acceso de la semilla a la humedad del suelo y mejora el control de la profundidad de siembra. Compactaciones excesivas

pueden provocar falta de oxígeno para la germinación y/o emergencia (7). Un excesivo afinamiento de la tierra, sobre todo en suelos de escasa estructura, aumenta los riesgos de "planchado" en caso de lluvia. Este encostramiento de la superficie del suelo, puede representar un gran problema para la emergencia de un cultivo de semillas y plántulas tan pequeñas, que deben empujar los cotiledones a través del perfil del suelo (128).

Las características antes mencionadas con respecto a la emergencia de la canola, determinan que los mejores resultados se obtengan ubicando la semilla a la menor profundidad posible, siempre que disponga de humedad (107). En este sentido, diversos autores coinciden en que la profundidad de siembra óptima es de 2 cm (87) (93) (128) (133). Con profundidades de siembra mayores a 3 cm, pueden ocurrir disminuciones en la cantidad de plantas establecidas y/o emergencias desperejadas. Algunos autores (133) encontraron reducciones en la cantidad de plantas establecidas del 40 % en siembras a 4 cm y del 50 % en las de 5 cm de profundidad.

Cuadro 2. Rendimientos de colza y de canola según fecha de siembra, en diferentes ensayos.

Autor y año	Lugar	Rendimiento kg/ha											
		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre			
		1 ^a quinc.	2 ^a quinc.	1 ^a quinc.	2 ^a quinc.	1 ^a quinc.	2 ^a quinc.	1 ^a quinc.	2 ^a quinc.	1 ^a quinc.	2 ^a quinc.		
(67) (65) 1979	Arg.	1.523	-----	1.650	-----	735	-----	334	-----	-----	-----	-----	-----
(67) 1980	Arg.	-----	-----	2.204	-----	2.504	-----	999	-----	-----	-----	-----	-----
(22) 1981	Uru.	-----	-----	-----	-----	950	-----	807	-----	582	-----	-----	-----
(133) 1981	Arg.	-----	2.425	-----	1.974	-----	1.045	-----	1.207	-----	-----	-----	-----
(102) 1989	Arg.	-----	-----	1.650	-----	-----	-----	1.086	-----	-----	-----	-----	-----
(102) 1990	Arg.	-----	-----	2.144	-----	1.081	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
(134) 1991	Arg.	-----	-----	1.936	-----	1.677	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
(48) 1992	Uru.	-----	-----	-----	-----	2.384	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
(23) 1992	Uru.	-----	-----	-----	-----	-----	1.519	-----	-----	-----	-----	-----	-----
(81) 1992	Uru.	-----	1.117	-----	-----	802	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
(28) 1993	Arg.	-----	-----	2.773	-----	-----	-----	2.859	-----	-----	-----	-----	-----
(30) 1996	Uru.	-----	1.470	-----	-----	-----	-----	-----	1.440	-----	-----	-----	-----

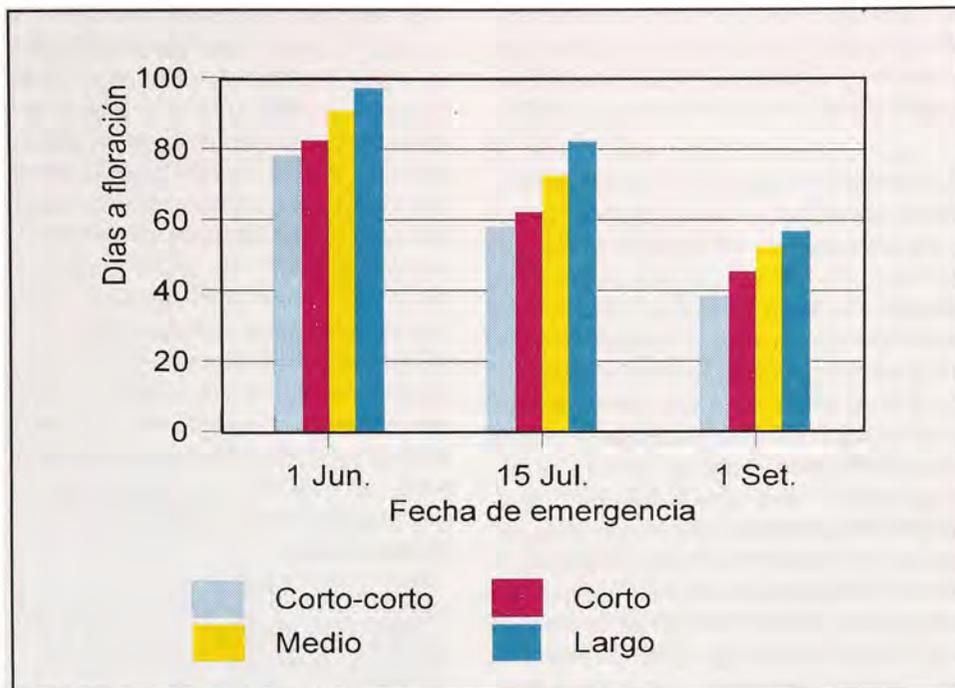


Figura 10. Días desde emergencia a floración (50% de las plantas con por lo menos una flora abierta) de cuatro grupos de cultivares según fecha de emergencia (Díaz y Martino, sin publicar).

Cuando se llega a esta etapa con la tierra mal preparada, dada la susceptibilidad de la canola a este factor, pueden esperarse disminuciones en el porcentaje de implantación del cultivo, para lo cual puede resultar útil aumentar la densidad de siembra.

En caso de realizarse siembra directa, el tipo y distribución de rastrojo adquiere especial importancia, debido a que pueden plantearse problemas para cortar el rastrojo y lograr una correcta ubicación de la semilla (128). No obstante, en nuestro país se ha sembrado este cultivo bajo esta modalidad, sin ocurrir problemas de implantación. Ante la eventualidad de contar con rastrojos muy densos en la chacra, la calidad de la siembra podría mejorarse manteniendo bien afilados los discos de corte de rastrojo (si los hay), o los abresurcos en caso de no haber discos de corte. Un aumento en la presión de los discos puede ayudar solamente si es posible seguir manteniendo un buen control de profundidad (7). En algunos casos, la colocación de dispositivos barreadores de paja al costado de cada disco puede ser una solución. Las máquinas con abresurcos tipo za-

pata son apropiadas para chacras con mucho rastrojo, aunque en algunos modelos puede existir el riesgo de un deficiente control de profundidad.

La canola es un cultivo muy flexible en cuanto a la densidad poblacional (107). Ensayos en Canadá (128), mostraron que para las condiciones de ese país, no existieron variaciones significativas de rendimiento en un rango poblacional de 60 a 200 pl/m². En siembras en Uruguay se encontraron similares rendimientos utilizando poblaciones de 70 a 150 pl/m², mientras en Argentina tampoco se encontraron diferencias en los rendimientos de cultivos con 80 y 150 pl/m² (49). Para la región de cultivo de canola de Argentina y Uruguay, existe coincidencia entre los autores consultados (22) (45) (93) (108) (133), en que la densidad poblacional con la que se lograron los mejores resultados es de entre 80 y 110 pl/m² (aproximadamente 2,5 kg/ha de semilla de *B.rapa* o 4 kg/ha de *B.napus*). La distancia entre surcos que resultó más conveniente fue de entre 15 y 30 cm. Existen evidencias de que excesivas distancias entre surcos aumentan la

susceptibilidad de las plantas al vuelco, reducen la capacidad competitiva del cultivo con las malezas y logran menores rendimientos cuando el suministro de N es escaso (107).

En caso de poblaciones muy bajas, la producción se ve afectada en forma importante por la subutilización de los recursos radiación, agua y nutrientes disponibles. Con poblaciones excesivas, las reducciones en rendimiento son bastante más pequeñas y se deben principalmente a la menor sobrevivencia de las silicuas inferiores como consecuencia de la competencia entre plantas. Al aumentar la densidad, cada planta producirá menos materia seca, tallos más delgados, ramificará menos, generará menos silicuas y dará por lo tanto menos semillas por individuo. Lo inverso ocurre con bajas poblaciones. Este mecanismo de compensación hace que, dentro de ciertos límites, en ambos casos se obtenga igual cantidad de grano, y es responsable de la gran capacidad compensatoria de la canola cuando ocurren pérdidas de plantas en el cultivo. La menor cantidad de ramificaciones y silicuas por planta también explica la mayor homogeneidad en la maduración de los cultivos densos con respecto a los más raros. Por otro lado, diversos autores (107) (128) señalan que se ha encontrado que altas densidades de plantas aumentan la susceptibilidad del cultivo al vuelco y a ataques de *Sclerotinia*. No obstante lo antes mencionado, en caso de siembras tardías, un aumento en la densidad de siembra puede lograr un follaje más voluminoso y más temprano que una densidad de siembra normal. Esto puede reducir en parte el desaprovechamiento de agua, luz y nutrientes que ocurre generalmente en cultivos sembrados tarde, y compensar la menor implantación que ocurre en esa época (22).

3.3 Requerimientos edáficos y fertilización

3.3.1 Propiedades físico-químicas del suelo

La canola es relativamente poco exigente en cuanto a las condiciones físicas del suelo en que se desarrolla. No obstante, es

muy sensible a la compactación. Tampoco soporta condiciones de anegamiento, aún en cortos períodos (93) (107). Estos dos factores pueden afectar seriamente los rendimientos, especialmente en sistemas de siembra directa donde ambos inciden con frecuencia. La estructura del suelo es importante para este cultivo debido a que la semilla necesita un buen contacto con la tierra y a que los cotiledones deben atravesar el perfil hasta emerger (128). En suelos de buena estructura se logra un mejor contacto con la semilla y existe menor riesgo de encostramiento luego una lluvia. Si bien no es una condición excluyente para el desarrollo del cultivo, puede ser determinante de una buena o mala implantación en algunas circunstancias.

Valores de pH mayores a 5,5 y menores a 8 permiten el desarrollo normal del cultivo (93) (107). Aunque es un cultivo relativamente tolerante a la acidez, en suelos con pH muy bajo la disponibilidad de fósforo y molibdeno se reduce y puede ocurrir toxicidad por exceso de aluminio. En suelos muy alcalinos la disponibilidad de P puede disminuir marcadamente. No es de esperar que la acidez del suelo constituya un problema para el cultivo de canola en Uruguay.

3.3.2 Nitrógeno

La respuesta de este cultivo al nitrógeno (N) en condiciones de baja disponibilidad, es consistentemente alta en todas las regiones donde se produce canola (9) (10) (87) (99) (128) (133), incluyendo Uruguay (108). Este elemento está relacionado directamente con la síntesis de proteínas, clorofila, nucleótidos, aminoácidos y ácidos nucleicos (50).

Las plantas de canola sanas con adecuado suministro de N, son de color verde oscuro. Cuando existe deficiencia, debido a la movilidad de este elemento dentro de la planta, las hojas y tallos más viejos son los primeros en desarrollar los síntomas, tomando coloraciones amarillentas y en algunos casos con regiones púrpura, para luego volverse necróticas. Las plantas crecen lentamente, con tallos cortos y finos, hojas pequeñas y pocos racimos florales. El período de floración se acorta y el número de silicuas por unidad de superficie es bajo (50).

Los altos rendimientos relativos que ocurren como consecuencia de la buena disponibilidad de este nutriente, se explican básicamente por un crecimiento mayor y más vigoroso de la planta, que determina una mayor y más eficiente área fotosintética, un alargamiento de la duración de la fase de prefloración y una mayor duración de las hojas luego de la floración. Esto permite la formación de una mayor cantidad de racimos florales, disminuye la proporción de flores abortando y consecuentemente aumenta la cantidad de silicuas (45) (50) (61) (128). Este incremento en la cantidad de silicuas por unidad de superficie es un buen indicador temprano de la magnitud de la respuesta a la fertilización (107). Resultados coincidentes en ensayos en Australia (61) y Argentina (119) (cuadro 3) muestran que la fertilización nitrogenada produce aumentos significativos en el rendimiento aumentando el número de silicuas por planta, pero sin afectar en forma importante el peso individual de la semilla, la cantidad de semillas por silicua y el índice de cosecha. Se encontró además, que la cantidad de biomasa en elongación, caída de flores y madurez, está positivamente correlacionada con el rendimiento en grano (119). Investigaciones en Ghana (8), mostraron aumentos de rendimiento como respuesta al N, explicados por un mayor número de silicuas por unidad de superficie, pero también por un aumento en el peso individual de la semilla.

Dosis excesivas de N pueden producir vuelco y/o atrasar la maduración. Cuando

las plantas están volcadas, ocurren reducciones del rendimiento debido a que no se permite una buena llegada de nutrientes y agua a las semillas y a dificultades en la cosecha. (50).

Evaluaciones de los momentos de fertilización muestran que, habiendo deficiencia, existe respuesta al agregado de este nutriente en todos los momentos desde la siembra hasta la formación de pimpollos. No parece haber en general mayores diferencias entre las respuestas en los distintos momentos de aplicación (107) (50). Esto podría deberse principalmente a la elasticidad que le confiere el carácter indeterminado del crecimiento de este cultivo, la movilidad de este elemento dentro de la planta y la capacidad de compensación entre los distintos componentes del rendimiento, lo que provoca una demanda de nitrógeno más uniforme y constante a lo largo de su ciclo.

Si bien existen en la canola períodos más críticos que otros con respecto a la disponibilidad de N, no existe en este cultivo un período crítico tan definido y concentrado como en otros cultivos como trigo. La magnitud del crecimiento luego de comenzada la elongación, determina altos requerimientos de N (107). Sin embargo esta etapa del cultivo coincide con el aumento en el aporte de N por el suelo, debido a un incremento en la tasa de mineralización de nitrógeno como consecuencia del aumento de la temperatura. Por esta razón las necesidades no aumentarían marcadamente con respecto a los estadios anteriores.

Cuadro 3. Componentes del rendimiento en madurez bajo diferentes dosis de N a la siembra (119).

Dosis (kgN/ha)	Silicuas/pl	Semillas/pl	Semillas/silicua	Silicuas/m ²	Semillas/m ²	Peso mil semillas (g)
0	24,9	215	9,12	3.888	33.482	2,80
30	24,9	306	11,04	4.583	56.528	2,59
60	37,4	373	10,09	4.938	50.092	2,87
90	45,6	459	10,12	6.345	64.035	2,80
120	49,7	545	11,06	5.308	59.862	2,78
150	52,9	626	11,83	6.729	79.964	2,66

La respuesta al agregado de este nutriente puede verse afectada por su lixiviación en el perfil, por procesos de denitrificación, por procesos de volatilización y en gran medida por procesos de mineralización de materia orgánica que aporten N. En ensayos en La Estanzuela (45), se lograron rendimientos de entre 3.000 y 3.400 kg/ha en canola fertilizada en la siembra con 120 kg/ha de 18-46-0. En esa situación, no se lograron respuestas a altas fertilizaciones posteriores con urea, debido al aporte de N a partir de la mineralización de la materia orgánica proveniente del rastrojo de trébol rojo antes incorporado. La elasticidad relativa de la canola respecto de los momentos de fertilización, generaría un margen que en algunos casos podría permitir una mejor adaptación de esta práctica a las condiciones edáficas y climáticas, reduciéndose eventualmente las pérdidas de N por los factores antes mencionados.

No hemos encontrado datos que relacionen el rendimiento en grano con el nivel de nitratos, materia orgánica o algún otro estimador de disponibilidad de nitrógeno en el suelo, que permita estimar necesidades de fertilización. Diversos autores (128) (119) (106) (59), coinciden en que esta oleaginosa requiere cantidades relativamente altas de este nutriente en relación al trigo y a la cebada. No obstante, resulta más difícil estimar dosis de fertilización nitrogenada para canola que para trigo, debido a que la relación entre la utilización de este elemento y el rendimiento no es tan consistente en el primer cultivo como lo es en el segundo (107). Estimaciones en cultivos en Canadá, mostraron que un cultivo de canola que produce 2.000 kg/ha de grano extrajo 118 a 124 kg/ha de N del suelo, mientras uno de trigo con un rendimiento de 2.700 kg/ha, absorbió 95 kg/ha de ese elemento (128). Determinaciones en Chile (106), mostraron que cultivos de trigo y canola con 3.000 kg/ha de rendimiento utilizaron 73 y 166 kg N/ha, respectivamente. Estos datos sugieren que los niveles críticos de disponibilidad manejados para la fertilización en trigo serían menores que para canola. Algunas evidencias obtenidas en experimentos realizados en Uruguay parecen alinearse con esta hipótesis. Un

ensayo realizado en la zona de Young (108), en un suelo 14 ppm de $N-NO_3^G$ al momento de la siembra (valor que en general, puede considerarse adecuado para trigo en esa circunstancia), mostró respuesta a un esquema de fertilización que incluyó 28 kg de N/ha a la siembra, 45 en roseta y 30 en comienzo de elongación. A nivel productivo, el manejo de la fertilización nitrogenada en los cultivos de canola en la zona de Ombúes de Lavalle, se ha basado en la búsqueda de niveles de disponibilidad de N iguales o superiores a los buscados para trigo: aplicaciones de 20 a 25 kg/ha de N a la siembra en fertilizante binario, 30 a 50 kg/ha de N como urea en roseta o comienzo de elongación y en algunos casos una tercera aplicación de 30 a 60 kg/ha antes de comenzada la floración. Aunque no hay certeza de que sea el criterio óptimo y no pueda ser mejorable, ha generado resultados aceptables. Información sobre este tema recopilada de diversas partes del mundo (50), coincide en señalar respuestas importantes en rendimiento con fertilizaciones de hasta 187 a 210 kg/ha.

En nuestro país no se han desarrollado técnicas de diagnóstico y recomendación para fertilización nitrogenada en canola. El nivel de nitratos en el tejido vivo ha mostrado ser un buen indicador del nivel de disponibilidad de nitrógeno que hubo en el suelo para la planta (58) (62). La movilidad de este elemento dentro de la planta, hace que su concentración relativa en las distintas partes de la misma varíe según el estado fenológico. Mientras la concentración más alta de N ocurre en las hojas al comienzo de la floración, al final de ésta, el nutriente se concentra en los tallos. Investigaciones sobre este tema (61), mostraron que durante el llenado de grano 65% del N presente en tallos y hojas fue traslocado pasando a constituir el 55% del N de la semilla, órgano con la mayor concentración de este elemento al final del ciclo de la planta. Las cantidades de N traslocado entre las distintas partes de la planta disminuyen a medida que la disponibilidad de este nutriente es mayor. Determinaciones a este respecto mostraron que, promedialmente las semillas extrajeron el 66 % del nitrógeno presente en las hojas,

53 % del de las silicuas, 27% del de los tallos y 17 % del presente en las raíces (107).

Para diferentes estados fenológicos de la planta, existen concentraciones de N en los tejidos por debajo de las cuales se puede inferir que este elemento es deficiente y que los rendimientos se verán afectados. Dada la variabilidad en la concentración de este nutriente en el conjunto de la planta, ésta se mide en general en el peciolo de la hoja madura más joven, lo que permite obtener valores comparables. De esta manera, en un ensayo en Australia (58) se estableció que concentraciones menores de 1,72 mg/g en estado de roseta y de 0,53 mg/g en prefloración están asociadas a mermas en el rendimiento, que no ocurrirían de haber un adecuado suministro de nitrógeno. Otro ensayo similar en Argentina (119), estableció valores de 1,62 mg/g en estado de roseta con 4-5 hojas y de 0,14 mg/g en comienzo de floración. Estos valores críticos fueron obtenidos empíricamente y por consiguiente, dependen de factores locales tales como genotipo, potencial de rendimiento, características climáticas y propiedades del suelo. No obstante, la experiencia con maíz, trigo y cebada indica que los niveles críticos podrían llegar a ser comparables entre regiones si se trata de la misma especie y se tiene en cuenta la interacción del efecto de este nutriente con la disponibilidad de agua (Adriana García Lamothe, comunicación personal).

En general, la fertilización nitrogenada provoca un aumento en el porcentaje de proteína del grano y una disminución (menos acentuada) en el de aceite (107) (111). Ensayos en Australia (127), determinaron contenidos de aceite en grano de 40 % en parcelas fertilizadas con 200 kg/ha de nitrógeno y de 46 % en aquellas sin agregado de este nutriente. Dentro de niveles aceptables de respuesta al fertilizante, el incremento en el rendimiento en grano justifica el decremento en el porcentaje de aceite, produciéndose en definitiva más aceite por hectárea. En situaciones en las que el incremento en rendimiento por unidad de nitrógeno aplicado es muy baja, la disminución en el porcentaje de aceite puede ser contraproducente (107).

Pueden ocurrir además interacciones entre la disponibilidad de N y la de otros nutrientes. Tal como lo establece la ley de los factores limitativos, la respuesta a N puede estar limitada por la deficiencia de otro nutriente. Puede esperarse que bajos niveles de P provoquen un crecimiento pobre de las plantas con un deficiente desarrollo radical, lo que no permitiría un buen crecimiento aún con buenas disponibilidades de N. También se ha señalado (128) que el agregado de N en deficiencia de P, podría provocar mermas en el rendimiento debidas a un alargamiento del ciclo vegetativo. En un ensayo en Canadá realizado a lo largo de 16 años (99), se estableció que la respuesta a un nivel constante de fertilizante nitrogenado, crecía al aumentar los niveles de fertilización fosfatada. A pesar de que esta interacción (P X N), no fue significativa en esta circunstancia, la consistencia de las respuestas en este sentido, sugiere que con mayores deficiencias de P que las del ensayo, podrían haber respuestas importantes. La deficiencia de S puede determinar ausencia de respuesta a fertilizaciones nitrogenadas, e inclusive respuestas negativas. Las deficiencias de N generalmente ocurren en las mismas circunstancias que las de S. Es por ello que puede ocurrir que la respuesta al agregado de N se vea limitada por deficiencias de S.

La disponibilidad de agua en el suelo ha mostrado ser uno de los principales factores que afectan la respuesta al N, más allá de la dosis y momento de aplicación (99) (108). Buena humedad en el perfil es necesaria para una buena respuesta a este tipo de fertilización y a su vez, un buen suministro de nitrógeno mejora la eficiencia de uso de agua por la planta (128). Reportes canadienses, mencionan respuestas a fertilización de 1,28 y 4,75 kg/ha de grano por cada kg de N aplicado en secano y riego, respectivamente (50). La interacción del efecto de la aplicación de N con el efecto "año" (básicamente agua disponible y temperatura diaria) es la razón principal por la cual la cantidad de nitratos en el suelo no es un buen indicador de las necesidades de fertilizante en Canadá (99).

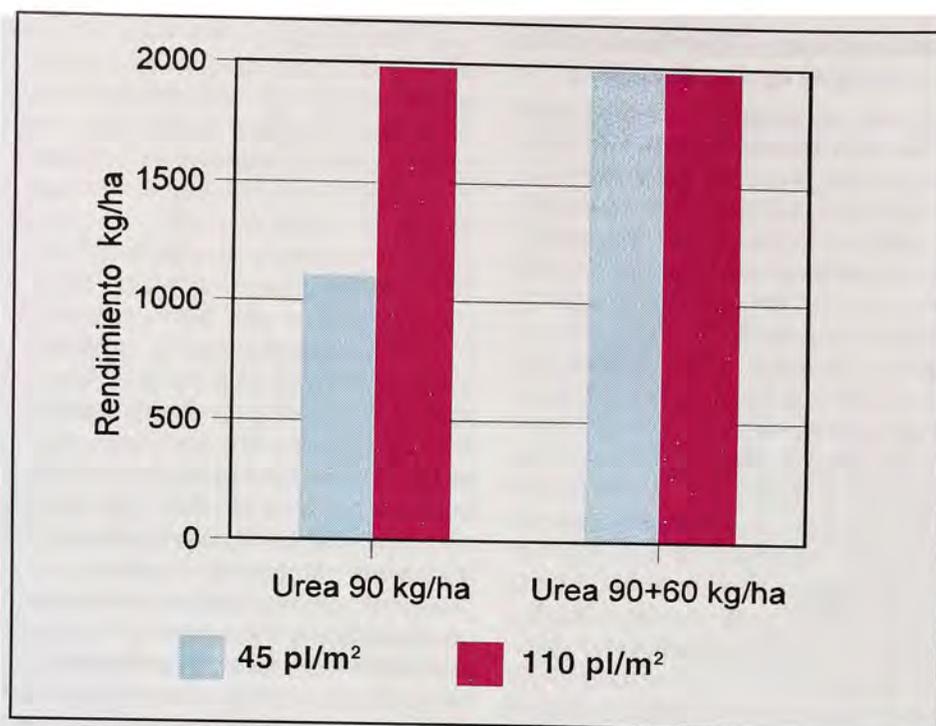


Figura 11. Respuesta de la canola a la fertilización en ausencia de malezas y a diferentes niveles poblacionales. Adaptado de (108).

La respuesta de la canola al N, está condicionada también por el nivel de enmalezamiento de la chacra y la densidad de plantas del cultivo. Trabajos uruguayos mostraron respuestas 100 % mayores en parcelas limpias que en enmalezadas (108) (figuras 11 y 12). En este mismo ensayo en parcelas libres de malezas, se encontraron respuestas diferenciales al fertilizante según la densidad poblacional. Así, parcelas con igual fertilización a la siembra, con poblaciones de 45 y 110 plantas por metro cuadrado en cada una, fueron refertilizadas en roseta con urea a 90 kg/ha y se obtuvieron rendimientos de 1.000 y 2.000 kg/ha respectivamente (figuras 13 y 14). Una segunda refertilización con 60 kg/ha de urea produjo incrementos del 100 % en el rendimiento de la parcela más rala y no obtuvo respuesta en la parcela mejor poblada.

La semilla de canola es muy sensible a los fertilizantes nitrogenados cuando se apli-

can juntos o en surcos muy cercanos. Esta situación puede provocar un menor número de plantas establecidas y un enlentecimiento de la emergencia (87) (128). Condiciones de buena humedad y bajas temperaturas pueden agravar los daños. La sensibilidad de esta oleaginosa al amonio es mayor que la de sorgo, maíz, avena, cebada o trigo y es la razón de este problema (41) (50). Esto explica también por qué los fertilizantes nítricos no causan tanto daño como los amoniacales y pueden aplicarse en dosis mayores. El daño se acentúa al aumentar la dosis de fertilizante. En las condiciones de Canadá se recomienda no aplicar dosis mayores a 11 kg/ha de N si se fertiliza junto a la semilla y 40 kg/ha si se fertiliza en un surco independiente pero próximo (128). En Uruguay no se han reportado daños de este tipo, a pesar de haberse utilizado dosis de hasta 27 kg/ha de N en la proximidad del surco.

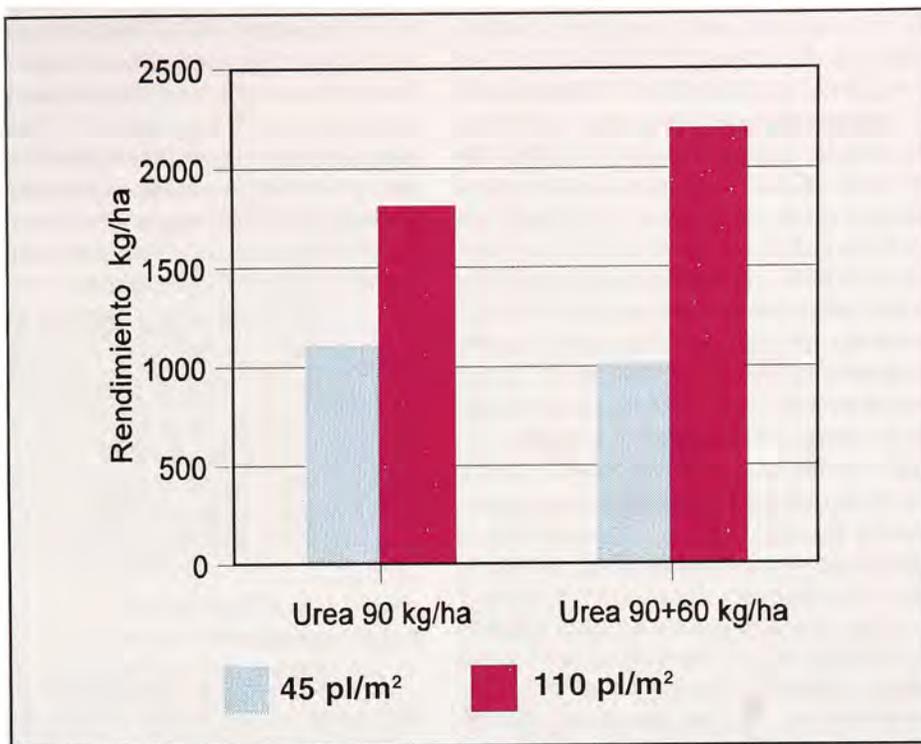


Figura 12. Respuesta de la canola a la fertilización en presencia de malezas y a diferentes niveles poblacionales. Adaptado de (108).

3.3.3 Fósforo

El P es necesario para este cultivo en menores cantidades que el N pero su disponibilidad es igualmente crítica. Este elemento está relacionado con la transferencia de energía y es además componente estructural de aminoácidos y fosfolípidos. Suficiente cantidad de P disponible permite el desarrollo temprano de un sistema radical con más ramificaciones y raíces secundarias. Este mayor desarrollo comparativo permite a la planta obtener nutrientes y agua de un mayor volumen de suelo y profundidad. Esto resulta en plantas más vigorosas y con mayor eficiencia fotosintética, que crecen más rápido ramificándose más y produciendo más materia seca y con una mayor habilidad para competir con malezas. Además de resultar ventajoso para el desarrollo de silicuas y semillas, este crecimiento le confiere a la planta una mayor capacidad de soportar adversidades climáticas, insectos y enfermedades (128). Su deficiencia limita el crecimiento aéreo y radical. Deficiencias leves producen plan-

tas de apariencia normal pero más pequeñas. Al hacerse más severas, las raíces tendrán un desarrollo pobre y los tallos serán cortos y finos con pocas ramas y hojas pequeñas. Puede ocurrir una acumulación de antocianinas que producen coloraciones púrpuras en tallos y hojas; estas últimas pueden tomar también coloraciones verdes oscuras a azuladas. Por ser el P un elemento relativamente móvil dentro de la planta, los síntomas aparecerán primero en las hojas más viejas (50).

La canola absorbe cantidades mayores de P que trigo o cebada, debido a su mayor contenido de proteína. La extracción de P por la planta ocurre rápidamente en las etapas tempranas de crecimiento de la planta y luego se mantiene a una menor tasa durante ocho semanas aproximadamente. Su semilla contiene 0,8 a 1 % de P, por lo que un cultivo de 2.000 kg/ha extrae 23 kg/ha de P. En el caso de trigo, la absorción es más lenta y durante menos tiempo, lo que resulta en un requerimiento de aproximadamente la mitad (128). No obstante, la canola re-

quiere en general dosis comparativamente menores de fertilizante fosforado que los otros cultivos mencionados, debido a su mayor eficiencia para absorber este elemento desde el suelo (14) (46) (50) (80) (107) (128). Esto se podría atribuir a su capacidad para desarrollar adaptaciones morfológicas y fisiológicas cuando la concentración de P en la solución del suelo es baja. En estas condiciones se verifica un decremento en el diámetro de la raíz, acompañado de un aumento en el número y largo de los pelos radicales, así como un incremento en la secreción de ácidos orgánicos, lo cual mejora la solubilidad del P. Este último mecanismo le otorga a la canola una ventaja comparativa en la extracción de P de fertilizantes poco solubles (50). Siendo el P muy poco móvil en el suelo, la respuesta a la fertilización dependerá en gran medida de la localización de éste en el perfil y del crecimiento y distribución de las raíces (107). La humedad en el suelo facilita la difusión de este nutriente hacia la raíz; a la vez es necesaria para promover el crecimiento radical que le permitirá a la planta llegar al lugar donde esté situado este elemento.

Autores canadienses encontraron que en sus condiciones, no existía respuesta al agregado de P cuando el suelo tenía más de 10 ppm de P_2O_5 (extraído con $NaHCO_3$) (107). Otros autores en el mismo país, señalaron que aunque los análisis de suelo indiquen suficiencia de P, en general se verifica respuesta a una fertilización inicial de 10 a 20 kg/ha de P_2O_5 particularmente en condiciones de bajas temperaturas y poca humedad (128).

El manejo de la fertilización fosfatada en canola a nivel productivo en la zona de Ombúes de Lavalle, se ha basado en aplicaciones de entre 20 y 60 unidades de P a la siembra, considerándose que a un nivel de entre 12 y 14 ppm de P (Bray I) hay suficiente disponibilidad. Como en el caso del N, no existen investigaciones que respalden esta práctica, pero sus resultados, aunque no se tenga certeza de que sean óptimos, han demostrado ser buenos.

La semilla de este cultivo también puede verse afectada por la proximidad del ferti-

zante fosfatado (128). El daño puede incrementarse si hay poca humedad en el suelo. Para las condiciones de Canadá, cantidades mayores a 15 kg/ha de P_2O_5 en el surco junto a la semilla, reducen significativamente la emergencia y establecimiento. Para las mismas condiciones, aplicaciones de 40 kg/ha de P_2O_5 situado abajo y al costado de la semilla no produjeron daños.

Ubicar el fertilizante abajo y al costado reduciría los riesgos pero no los eliminaría (50). En nuestro país, con aplicaciones de hasta 68 kg/ha de P_2O_5 (como fosfato de amonio) cerca de la semilla pero no en el mismo surco, no se constataron daños. La sensibilidad es mayor en *B. rapa* que en *B. napus* debido al menor tamaño y vigor de la semilla.

3.3.4 Potasio

El potasio (K), es muy importante para el desarrollo de la planta y es utilizado en grandes cantidades por la canola durante su crecimiento. Su exacta función en la planta no está bien establecida. Aún así se sabe que está relacionado con la regulación de la actividad fotosintética, la eficiencia en el uso de agua, la absorción de nitrógeno, la síntesis proteica, el transporte de fotosintatos y la síntesis de almidón. La adecuada disponibilidad de este nutriente confiere a la planta de canola resistencia a enfermedades, insectos, sequías y heladas, y acelera la recuperación de ésta luego de daños por granizo, viento o insectos (128).

Este ion se encuentra en mayor concentración que ningún otro en la planta. Un cultivo bien establecido contiene entre 150 y 300 kg/ha de este elemento (50). Por no ser requerido en gran cantidad como elemento estructural de los componentes de la semilla, la cosecha no provoca extracciones de importancia. Un cultivo que rindió 1.000 kg/ha absorbió aproximadamente 200 kg/ha de este mineral pero solamente 25 kg/ha fueron extraídos con la semilla (107). El mismo autor señala que en las condiciones de Canadá, la máxima tasa de absorción diaria (hasta 15 kg/ha) se observó durante la elongación.

La deficiencia de este elemento produce mermas importantes en el rendimiento pero no llegan a ser de la magnitud y/o la frecuencia de las provocadas por deficiencias de nitrógeno o fósforo. Este ion es móvil dentro de la planta por lo que las deficiencias se evidencian primero en las hojas más viejas. Comienza por una clorosis de los bordes y del área entre las nervaduras, acompañadas de enblanquecimiento y desarrollo de colores verdes oscuros. Los bordes de las hojas más viejas pueden ponerse amarillos. Eventualmente se desarrollan manchas necróticas pequeñas y hasta puede ocurrir la muerte de una o varias hojas (50). Los tallos se desarrollan finos y débiles (128). Las plantas jóvenes creciendo con poco potasio disponible, se desarrollan enanas (107).

A pesar de que el cultivo utiliza grandes cantidades de este nutriente, las respuestas a la fertilización ocurren solamente en suelos con deficiencias severas (107). La disponibilidad de potasio en los suelos agrícolas del Uruguay es muy variable y depende principalmente de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), de la cantidad y tipo de arcillas y de su uso anterior. Condiciones extremas de deficiencia pueden ocurrir en suelos arenosos de baja CIC con sistemas de manejo muy extractivos, principalmente tambos (20). La determinación del contenido de potasio intercambiable es una guía útil para determinar disponibilidad. No existen determinaciones para canola en las condiciones de Uruguay. Para la generalidad de los cultivos, niveles mayores a 0,25 meq/100 g de suelo son considerados suficientes, mientras que en suelos de textura más arenosa, niveles superiores a 0,15 meq/100g se han encontrado adecuados (20). Autores chilenos encontraron pocas posibilidades de respuesta de la canola con disponibilidades mayores a 0,29 meq/100 g de suelo y ninguna respuesta por encima de 0,39 meq/100g. Con niveles de disponibilidad de 0,19 meq/100g o menores los incrementos en rendimiento fueron promedialmente de 39 % (106). Algunos autores (50), señalaron que, en las condiciones de Canadá, pueden obtenerse respuestas significativas a fertilizaciones con este nutriente si las cantidades en el suelo (extraídas con acetato de

amonio) son menores a 100 ppm. En guías de fertilización del mismo país (128), se afirma que los análisis de disponibilidad en el suelo, son la mejor guía para estimar necesidades de fertilización y cataloga como suelos *moderadamente deficientes* en potasio disponible a aquellos que tienen entre 170 y 280 kg/ha en los primeros 15 cm, e indica que aplicaciones de 17 a 34 kg/ha logran suplir las necesidades de la canola. Como suelos *deficientes*, cataloga a aquellos con menos de 112 kg/ha de este nutriente y en casos extremos de deficiencia responden a dosis de hasta 335 kg/ha con refertilizaciones anuales de 34 a 67 kg/ha (128).

La semilla de canola es sensible al contacto con el fertilizante potásico y pueden ocurrir deficiencias en el establecimiento del cultivo si se aplican en el mismo surco (107). Por otro lado, al ser este ion más móvil en el suelo que el fósforo, pero menos que el nitrógeno, en algunas circunstancias pueden obtenerse mejores resultados cuando el fertilizante está algo alejado de la semilla, a efecto de no dañarla (50). En caso de aplicaciones al voleo, la disponibilidad del nutriente para la planta será menor por encontrarse más lejos. Aumentos en la dosis de fertilizante en estas circunstancias pueden evitar el problema (128).

3.3.5 Azufre

El azufre (S) es un nutriente especialmente importante en la producción de canola. Su deficiencia, aún siendo leve, puede producir mermas en el rendimiento (50). Tiene un rol fundamental en la síntesis y estructura de las proteínas, en procesos de transferencia de energía y en la síntesis de clorofila, aunque no es componente estructural de ésta (50).

Su deficiencia se evidencia en general en la etapa de pimpollo y floración, por ser los momentos de mayor demanda de este nutriente. Es un elemento poco móvil dentro de la planta, por lo que los tejidos más jóvenes sufren mayores mermas en la concentración a medida que se agrava la deficiencia. Así, las plantas con poco azufre tendrán las hojas más jóvenes amarillentas por una insuficiente síntesis de clorofila.

Este amarillamiento progresará gradualmente a las hojas inferiores. Al hacerse más escaso este nutriente, las hojas de la porción superior de la planta se desarrollan pequeñas y con colores púrpuras en el envés. En general, con deficiencias moderadas estos síntomas sólo ocurren en las hojas de la parte superior. Al llegar la floración, las flores tendrán color más pálido que el normal. Este período se atrasará y dilatara, superponiéndose la presencia de flores, pimpollos, silicuas jóvenes y silicuas maduras. Aparece un tinte rojizo-púrpura en las hojas tallos y silicuas, éstas últimas se desarrollan pequeñas y escasas en la parte superior de la planta, con semillas abortadas y algunas vainas completamente vacías. Estos síntomas comúnmente se encuentran en manchones en el cultivo y pueden verse más fácilmente en su madurez. Si la deficiencia es severa, pueden extenderse a toda la chacra. Es importante destacar que para que el cultivo manifieste síntomas de deficiencia, ésta debe ser importante y ya se habrán determinado disminuciones importantes en el rendimiento (128).

Los requerimientos de este nutriente en este cultivo son mayores que en los de las leguminosas y éstos mayores que los de las gramíneas (50), debido principalmente al mayor contenido de proteína en la semilla y a una mayor producción de cisteína y metionina. Un cultivo de esta oleaginosa que produzca 2.000 kg/ha de grano, contendrá aproximadamente 12 kg/ha de S en la semilla y 12 kg/ha más en el rastrojo (128). Produciendo rendimientos comparables, la canola necesita entre tres y diez veces más S que la cebada (50). Por esto, el primer cultivo puede mostrar respuestas en lugares donde el segundo no las mostraría. La dinámica de este nutriente en el suelo es muy similar a la del N, lo cual implica que las dificultades para predecir las dosis necesarias de N son igualmente válidas para el S.

En las condiciones de cultivo del oeste de Canadá, se obtuvieron buenos resultados estimando la disponibilidad de S según la cantidad de SO_4^{-2} soluble en agua presente en el suelo. En este caso se encontraron respuestas a la fertilización cuando el suelo

contenía niveles menores a 20 a 30 kg/ha de SO_4^{-2} en 60 cm de profundidad (50). En otros lugares se han encontrado respuestas diversas. En ensayos en Francia la aplicación de 50 kg/ha de S, causó un incremento de rendimiento de 150 %. La misma cantidad de fertilizante incrementó el rendimiento en 1.000 kg/ha en Saskatchewan (Canadá), mientras que en Manitoba se lograron incrementos de entre 300 y 670 kg/ha con dosis de 26 a 34 kg/ha de S (50). Trabajos de este mismo país han mostrado buenos resultados con fertilizaciones de 17 a 25 kg/ha de S, en suelos con carencias severas y reportan incrementos de hasta 1.500 kg/ha en los rendimientos, produciéndose además maduraciones más parejas (128).

Correcciones en los niveles de azufre en cultivos de canola han mostrado buenos resultados cuando fueron realizados en estado de roseta (128). No obstante, en ensayos australianos (60) en los que se aplicaron 40 kg/ha de S en cuatro momentos diferentes (roseta, pimpollos, elongación y primera flor) los incrementos en rendimiento fueron similares (50 %) para los tres primeros momentos de aplicación y un poco menores (35 %) para el último.

En trabajos en Reino Unido (86) se observó que la disponibilidad de S y la de N interaccionaban en sus efectos sobre el rendimiento de la canola. En estos ensayos, desarrollados en suelos con 169 ppm de S total (5 a 8 ppm de S disponible), sólo se evidenciaron respuestas a la aplicación de 180 y 230 kg/ha de N cuando también se fertilizó con S (figura 13). Estos autores no observaron diferencias en la concentración de N en plantas creciendo con alta y con baja disponibilidad de S. Se detectaron, en cambio, mayores concentraciones de NO_3^- en plantas creciendo bajo deficiencia de ese elemento. Esto soporta la teoría de que la disponibilidad de S no afectaría a la absorción de N, sino su metabolismo en la planta. En forma coincidente, otros autores (50) encontraron que deficiencias de este elemento, combinadas con alta disponibilidad de nitrógeno, incrementaron la cantidad de aminoácidos libres y redujeron la de proteína.

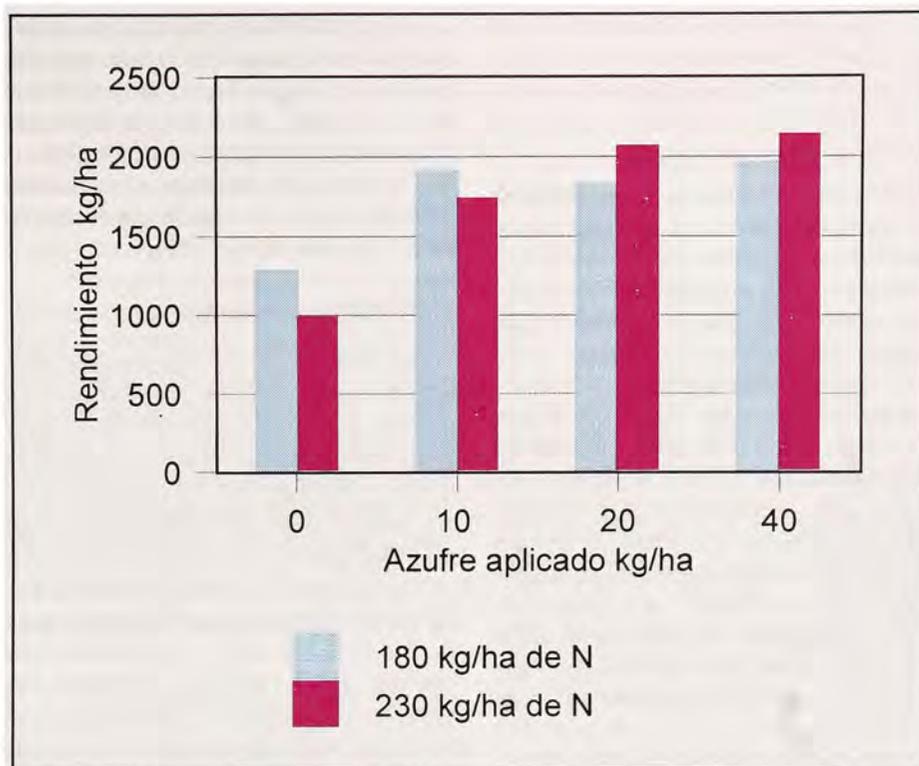


Figura 13. Rendimiento de canola según diferentes dosis de N y S aplicado (promedio de tres años). Adaptado de (86).

Autores canadienses (50) señalan que aplicaciones de azufre, aún en condiciones de deficiencia, pueden aumentar el porcentaje de proteína en la semilla y/o reducir el de aceite. En otros ensayos en cambio (86), se encontraron aumentos en el porcentaje de aceite del grano como consecuencia de la fertilización con S. Este aumento solamente ocurrió cuando el déficit de este nutriente era severo. Estas respuestas del cultivo no son constantes y también ha habido casos en los que ninguno de estos dos parámetros se vió afectado (8) (50).

La concentración de este elemento en los tejidos de la planta es un indicador útil del nivel de deficiencia o suficiencia en la misma (50), particularmente en las hojas jóvenes durante la floración temprana (86). No existen en nuestro país datos al respecto. Trabajos en Estados Unidos determinaron que concentraciones menores a 0,2 % en floración indican deficiencia, entre 0,2 y 0,25 % son marginales, y mayores a 1 %, excesivas (50). Determinaciones en Fran-

cia encontraron que niveles de azufre menores al 0,6 % en el total de materia seca de la planta durante la fase de elongación, resultaron limitativas para el rendimiento (107).

Un estudio realizado en Uruguay (94) reveló la ocurrencia de deficiencias de azufre en algunas chacras de maíz, el cual es menos exigente en este nutriente que la canola (50). Esto alerta sobre la posibilidad de deficiencias más acentuadas y frecuentes para este cultivo en nuestras condiciones. Debe tenerse en cuenta que la cantidad de azufre en el suelo se encuentra enmarcada en una proporción C/N/S relativamente constante de 130:10:1,3 (94). Esto se debe a que el S, al igual que el C y el N, en su mayor parte se encuentra en forma orgánica en el suelo (60), lo que además determina una dinámica particular de este nutriente. Las plantas lo absorben desde la solución del suelo en su forma inorgánica SO_4^{-2} , lo que hace que su disponibilidad esté sujeta no sólo a la cantidad de materia

orgánica, sino también a los procesos de mineralización e inmovilización de este elemento. El S también puede perderse a través del lavado y la volatilización como H_2S en condiciones de anaerobiosis.

El azufre orgánico podría ser utilizado como un estimador de la disponibilidad a largo plazo, mientras el azufre como SO_4^{2-} , podría tomarse como un indicador de disponibilidad a corto plazo (60). Las fuentes de azufre disponibles en nuestro país son básicamente el superfosfato simple (13 % de S) y el azufre elemental. El primero constituía la entrada más importante de este elemento en los suelos de áreas agrícola-ganaderas. La sustitución del mismo por supertriple, superconcentrado y/o fosforitas molidas (carentes de S), redujo la cantidad de azufre incorporado a estos suelos (94). El azufre elemental, por su parte, resultaría caro, difícil de aplicar y de lenta disponibilidad para las plantas. No se dispone hasta el momento de fuentes eficientes de azufre que permitan aplicarlo solo, o en combinación con nitrógeno; este tipo de fuentes serían las más indicadas para la mayoría de las situaciones de nuestro país. Actualmente, la utilización de superfosfato simple como fuente de P constituye la opción más efectiva para el agregado de S al suelo.

Podrían esperarse entonces, situaciones más frecuentes de deficiencia de este nutriente en sistemas productivos intensivos, que no usen normalmente superfosfato simple como fuente de fósforo y que estén situados sobre suelos livianos con bajo contenido de materia orgánica (20). Por otro lado, surge la necesidad de un conocimiento más profundo de las causas de las fluctuaciones de este nutriente en nuestras condiciones y de como éstas afectarían a un cultivo de tan alta demanda como la canola.

3.3.6 Calcio y magnesio

Son elementos con importantes funciones metabólicas y estructurales. No se han encontrado referencias a problemas de deficiencia de calcio en canola. Pueden ocurrir en cambio mermas en los rendimientos por problemas de deficiencia de magnesio (50). Este nutriente es necesario para la produc-

ción de clorofila y múltiples actividades enzimáticas. Su deficiencia se evidencia por clorosis en mosaico en hojas y tallos, las que incluso pueden adoptar coloración púrpura (107). Un cultivo normal de canola en las condiciones de Canadá, absorbe unos 28 kg/ha de magnesio de los cuales la semilla se lleva el 50 % (128).

3.3.7 Micronutrientes

La deficiencia de algunos micronutrientes, aunque pueda no limitar los rendimientos en la forma en que pueden hacerlo los nutrientes antes analizados, puede llegar a causar mermas importantes. Estos resultan en general más importantes en canola que en los otros cultivos de invierno (128).

Dentro de los más importantes está el boro. Su presencia es importante en el cuajado de las semillas. Las plantas con deficiencia de B parecen normales hasta el período de floración. En ese momento las hojas superiores desarrollan coloraciones rojizas en los márgenes y las inferiores comienzan a morir. En general aplicaciones antes de la siembra dan mejores resultados que luego de establecido el cultivo. Otros micronutrientes cuyas deficiencias se han reconocido como perjudiciales son el cobre, manganeso, molibdeno, zinc y hierro (50) (107).

3.3.8 Reguladores de crecimiento

Este tipo de compuestos se ha utilizado en canola en varios países con el objetivo de reducir el vuelco. Existen dos tipos de reguladores: los antigiberélicos y los antiauxínicos. Los primeros actúan atenuando la producción de giberelinas, cuyo pico de producción ocurre en el comienzo de la elongación. Los segundos hacen lo propio con las auxinas, cuyos niveles máximos de producción en la planta ocurren entre la elongación del tallo y el momento de máxima cantidad de pimpollos.

Experiencias de distintas partes del mundo analizadas por un autor (107), indican que se pueden lograr reducciones del 15 al 20 % en la altura de las plantas. También señalan que ocurre un aumento de la cantidad de silicuas por planta que no produce

incrementos en los rendimientos porque se ve acompañado de una reducción compensatoria del número de semillas por silicua. En un trabajo realizado en Australia (5), se encontró que las plantas tratadas tenían un tapiz de silicuas más denso y parejo con maduración más uniforme, como consecuencia de un efecto de concentración de la floración. Esto no se tradujo en mayores rendimientos pero sí en ventajas en la cosecha. Otros autores encontraron que dosis altas de antigiberélicos prolongaron la duración del estado de roseta, y dosis medias retrasaron la floración al tiempo que inhibieron la elongación (115). De los fitorreguladores utilizados en los ensayos recién citados, los registrados a nivel comercial hasta el año 1996 son: *paclobutrazol* (Cultar), *etefon* (Ethrel, Etefon 480 LSA, Sautrel), *cloruro de clorocolina* y *cloruro de colina* (Cycocel Extra).

Se ha comprobado que este tipo de tratamientos no afecta la calidad de grano. Sin embargo hay referencias de ocurrencia de cierta fitotoxicidad, especialmente en aplicaciones realizadas en condiciones de baja temperatura (107).

3.4 Malezas y su control

3.4.1 Importancia de las malezas en el cultivo de canola

En los países donde se cultiva esta oleaginosa, se reconoce a las malezas como unas de las mayores limitaciones para lograr buenos resultados en este cultivo (128) (100). Hasta el momento no es claro el grado de incidencia que pueda tener este factor en la producción de canola en Uruguay. Los altos rendimientos relativos de este cultivo en nuestra región permiten suponer que el

control de las malezas generaría un mayor incremento absoluto en la productividad de grano en comparación con otras zonas en el mundo de menor potencial.

En observaciones efectuadas en Young (108) en chacras con controles deficientes de malezas, se ha medido pérdidas de rendimiento de hasta 50 %. Perjuicios similares fueron registrados en ensayos en La Estanzuela (30) (cuadro 4). En cultivos de la zona de Ombúes de Lavalle, exceptuando problemas de enmalezamiento con rábano, no han ocurrido problemas de importancia a este respecto. En la medida en que el cultivo se instale en nuestra región, podría esperarse el surgimiento de determinadas poblaciones de malezas adaptadas al mismo, que supongan mayores dificultades para el control. Además de las pérdidas por competencia, las malezas pueden generar dificultades en la cosecha, el almacenamiento y en la calidad del grano (100).

3.4.2 Interferencia entre cultivo y malezas

La interferencia de las malezas con el cultivo supone una menor disponibilidad de nutrientes, agua y luz para éste. Esto reduce su crecimiento y el área foliar, resultando en incrementos de abortos florales, menor número de silicuas y de semillas (100) (128). La magnitud de la interferencia dependerá de la población y tipo de malezas, de la etapa del cultivo en que ocurra, el estado de éste, y de la disponibilidad de nutrientes y agua (76).

La canola tiene un lento crecimiento relativo en los estadios tempranos del cultivo. Esto determina que demore en cubrir el suelo y que se la pueda caracterizar como una mala competidora en etapas tempranas de desarrollo (figura 14) (93) (128). Si bien

Cuadro 4. Efectos del enmalezamiento sobre el cultivo de canola en La Estanzuela. Adaptado de (47).

Tratamiento	Semilla (kg/ha)	Materia seca parte aérea (kg/ha)	Silicuas por planta
Testigo enmalezado	1.360	5.125	133
Testigo sin malezas	3.219	10.169	246



Figura 14. Enmalezamiento en un cultivo de canola.

el período crítico de competencia (PCC) ocurre durante la fase de elongación (128), que es el momento de máxima tasa de crecimiento y de mayor sensibilidad del cultivo a la falta de nutrientes, luz y agua, las estrategias de control de malezas que suponen medidas en ese momento, no son en general las más efectivas. Esto se debe a que cuando el PCC ocurre, ya existe una situación establecida y una tendencia en la relación del cultivo con las malezas, difícil de modificar. En términos generales, las malezas que emergen simultáneamente con el cultivo son las que producen mayores daños, y las que lo hacen más tarde son las que menos interfieren. El momento en el que el control de malezas lograría mejores resultados es en las etapas tempranas del desarrollo, cuando el cultivo tiene poca capacidad competitiva y se establecen ventajas relativas difíciles de revertir más adelante (100) (108) (128).

Las diferencias en velocidad de crecimiento entre las dos especies de canola se reflejan en su habilidad competitiva. Así, en chacras (49) y ensayos (30) en Uruguay, se observó que *B. napus* sufrió menores niveles de enmalezamiento por su mayor velocidad de crecimiento y cobertura que *B. rapa*.

En esta misma oportunidad se evidenció la poca habilidad competitiva de la canola, cuando ocurrió una infestación de raigrás emergido con el cultivo en estado de roseta. Por otra parte, ensayos en la zona de Young (108), mostraron variaciones en la capacidad competitiva debidas a la densidad poblacional del cultivo. En las parcelas enmalezadas el cultivo compitió mejor cuando tenía una alta población (110 pl/m²) que cuando tenía baja población (45 pl/m²), resultando en diferencias muy significativas en el rendimiento (figura 11). Por otro lado, como se menciona en la sección 3.3.2, se encontró que la presencia de malezas anuló la respuesta a la fertilización nitrogenada en las parcelas con baja densidad poblacional, mientras que en las de alta densidad hubo respuesta a pesar del enmalezamiento (figura 12).

3.4.3 Problemas no relacionados a la competencia

Las malezas, hayan interferido o no en el desarrollo del cultivo, pueden generar dificultades en la cosecha. La presencia de material vegetal en exceso o de diferente arquitectura, consistencia y/o grado de madurez, puede ocasionar un mal funciona-

miento de la cosechadora e inclusive la imposibilidad de cosechar en algunas áreas. Estos inconvenientes se traducen en general en pérdidas de grano durante la operación, reducciones en el rendimiento horario de la máquina, y disminuciones en la calidad del grano.

Por otra parte, el enmalezamiento puede determinar la presencia de material verde (trozos de planta y semillas inmaduras de otras especies o de la propia canola), como impurezas en la semilla. Esto es un factor desestabilizante de las condiciones de almacenamiento debido a que puede producir aumentos en la humedad y temperatura del grano perjudicando su conservación (100).

La infestación de un cultivo de canola con malezas crucíferas, no sólo ocasiona perjuicios debidos a la competencia sino que también puede aumentar las proporciones de ácido erúxico en el aceite de la semilla producida (100) (117). Esto último puede deberse a la presencia de granos provenientes de las malezas antes mencionadas y/o de granos producidos por plantas de canola con flores fecundadas por polen de malezas crucíferas.(11) (68) (78) (100).

3.4.4 Control de malezas en canola

El control temprano de las malezas con herbicidas de presembrado o preemergencia ha resultado la mejor estrategia para combatirlos y evitar pérdidas (100) (128). Esto se debe principalmente a tres factores. El primero es el conjunto de las características competitivas de la canola, que como se vio en la sección 3.4.2, la definen como una mala competidora en estadios tempranos del cultivo. El segundo es la estrecha variedad de opciones de control postemergente de malezas de hoja ancha que existe para este cultivo. El tercer factor es la alta dependencia que las aplicaciones postemergentes tienen con respecto a las condiciones climáticas y grado de desarrollo de las malezas y el cultivo.

Más allá de las limitaciones antes mencionadas, los tratamientos para control de malezas de hoja ancha en postemergencia proveen una opción de control relativamente confiable, aunque ajustada a determina-

das situaciones y poblaciones de malezas. En función de lo antes mencionado, puede resultar ventajoso en el caso de la canola, que las estrategias de control consideren las malezas de hoja ancha a lo largo del toda la rotación y no solamente en el cultivo. De esta manera podrían preverse situaciones potencialmente difíciles o imposibles de manejar.

El control de gramíneas puede realizarse con cualquier graminicida, aunque existen diferencias entre éstos con respecto a su eficiencia para controlar determinadas especies. Estas diferencias son importantes más que nada en cebada (*Hordeum vulgare*), balango (*Avena fatua*) y trigo (*Triticum aestivum*) (76), especies que pueden tener incidencia en determinadas situaciones. Un estudio realizado en Canadá (128) demostró que trigo y cebada guachos fueron más competitivos que el balango en estadios tempranos del cultivo. A su vez, a igual población (90 pl/m²), la cebada y el trigo produjeron mermas en el rendimiento de 50 % y 20% respectivamente.

En diversos programas de mejoramiento, principalmente canadienses, se lograron obtener cultivares mutagénicos (con genes propios de canola) y transgénicos (incorporando genes de otras especies) con resistencia o tolerancia a determinados herbicidas. Esto ha sido consecuencia de la relativa simpleza del genoma de la canola. De esta manera se ha obtenido cultivares tolerantes a triazinas, glifosato, glufosinato de amonio y bromoxinilo (34) (56) (120). Formas resistentes o tolerantes pueden surgir en la población de malezas, debido a una fuerte presión de selección o, en el caso de especies silvestres de *Brassica*, a la transferencia de la resistencia por cruzamiento con la canola resistente (11) (68). La rotación de herbicidas con diferentes mecanismos de acción en los sistemas con cultivares resistentes o tolerantes, ayudaría a evitar este problema (76). En el caso particular de los materiales tolerantes a triazinas, éstos tienen rendimientos 14 a 25 % menores que los no resistentes (11) (25) (39). Su utilización ha resultado beneficiosa en casos en que este tipo de herbicida constituía la única opción de control (100).

Considerar el conjunto de los métodos de control que existen además del químico y buscar posibles complementos, puede determinar mejores resultados que el uso individual de cada uno por separado. De esta manera, la adecuación de fechas de siembra a ciclos de las malezas, la elección de los cultivos anteriores y posteriores en la rotación, el cultivo con o sin remoción de tierra y otras prácticas culturales, pueden adecuarse a, y/o complementar, una estrategia de control de malezas, haciéndola más eficiente que el control químico aislado (76).

3.4.5 Herbicidas utilizados en el cultivo de canola

En los cuadros 5, 6, 7 y 8 se presenta un listado de los herbicidas utilizados en canola en el mundo. Muchos de estos productos no se encuentran disponibles en el mercado

uruguayo en la actualidad. Este listado no contempla los herbicidas para los que se crearon cultivares resistentes.

3.4.6 Malezas crucíferas en el cultivo de canola

La principal maleza de este tipo en nuestro país es el rábano (*Raphanus sativus* y *Raphanus raphanistrum*) y en menor medida la mostacilla (*Rapistrum rugosum*). Ambos tienen la característica de tener frutos indehiscentes, por lo que su separación del grano de canola no resultaría dificultosa. El nabo (*B. rapa*), de menor incidencia en Uruguay, posee frutos dehiscentes que podrían permitir el mezclado de sus semillas con las del cultivo (89). Las principales características de las especies recién mencionadas y las de la canola se detallan en la figura 15 (63) (73) (83) (90) (96) (113) (128).

Cuadro 5. Herbicidas para aplicaciones de presembrado incorporado utilizados en canola.

Principio activo	Dosis (g i.a./ha)	Nombre comercial	País	Observaciones	Fuente
Ethatrifluralina	840 a 1.380	-----	Can.-	-----	(100) (120) (128)
Napropamida	900 a 2.100	-----	Arg. Can. Chi.	-----	(25) (100) (106) (132)
Triallate	2000 1.700 a 2.200	----- -----	EUA Can.	----- -----	(97) (120)
Triallate + Trifluralina	1.960	-----	Can.	Formulación comercial	(120)
Trifluralina	960 480 a 1.200 1.000 560 a 840 800 a 1.400	Treflan Trifluralina Premerlin ----- ----- ----- -----	Uru. Chi. Arg. EUA Can.	Buen resultado en canola en nuestro país ----- ----- ----- -----	(108) (106) (108) (132) (96) (100) (120) (128)

Cuadro 6. Herbicidas para aplicaciones de preemergencia no incorporado utilizados en canola.

Principio activo	Dosis (g i.a./ha)	Nombre comercial	País	Fuente
Flurtamone	sin datos	-----	Can.	(100)
Metazaclor	1.075 a 1.505	-----	Chil.	(106)
	1.250	-----	Suiz.	(116)
	sin datos	-----	Can.	(100)
Metazaclor + Quinmerac	sin datos	-----	Can.	(100)
Metolaclor	2.160	Dual	Suiz.	(116)
Propaclor	sin datos	-----	Can.	(100)
Tebutam	sin datos	-----	Can.	(100)
Tebutam + Clomazone	sin datos	-----	Can.	(100)

Cuadro 7. Herbicidas para aplicaciones de postemergencia del cultivo y preemergencia de las malezas utilizados en canola.

Principio activo	Dosis (g i.a./ha)	Nombre comercial	País	Observaciones	Fuente
Carbetamida	sin datos	-----	Can.	-----	(100)
Carbetamida+ Dimefuron	sin datos	-----	Can.	-----	(100)
Isoxaben	sin datos	-----	Can.	-----	(100)
Metazaclor	1.000 a 1.250	-----	Suiz.	Aplicado con cultivo en cotiledón	(54)
	1.500	-----	Suiz.	Aplicado con cultivo en 2-4 h.	(116)
Metolaclor	2.800	Dual	Suiz.	Aplicado con cultivo en cotiledón	(116)
Propizamida	sin datos	-----	Can.	-----	(100)
Quinmerac	sin datos	-----	Can.	-----	(100)

Cuadro 8. Herbicidas de postemergencia para control de malezas de hoja ancha en canola.

Principio activo	Dosis (g i.a./ha)	Nombre comercial	País	Observaciones	Fuente
Benazolin	-----	-----	Can.	-----	(100)
Clorpiralid	150 a 300	Lontrel	Can.	Aplicar entre 3 y 6 hojas EUA	(39) (40) (96) (100) (128)
Clorpiralid + Benazolin	250 + 60	-----	Can.	-----	(40)
Clorpiralid + Etametsulfuron-metil	100 a 300 + 10 a 30	-----	Can.	Existe sinergismo	(12)
Dicamba	72 a 96	Banvel	Chi.	Aplicar entre 4 h. y elongación	(106)
Dicamba + Picloram	70 a 100 + 30 a 48	Banvel + Tordón	Arg.	Aplicar entre 4 h. y elongación	(133)
Etametsulfuron-metil	10 a 30	Muster	Can.	Aplicar antes de 4-5 h. del cultivo	(12) (13) (55)
	20-30	Muster	Can.	Aplicar entre 2h. y comienzo de botón	(120)
	15 a 34	Muster	Uru.	No controló <i>Raphanus sativus</i>	(47)
Etametsulfuron-metil + Dicamba	22 + 72	Muster + Banvel	Uru.	-----	(47)
Etametsulfuron-metil + Picloram	22 + 60	Muster Tordón	Uru.	-----	(47)
Picloram	30 a 48	Tordón	Chi.	Aplicar entre 4 h. y elongación	(106)
Picloram + Pyridate	-----	-----	-----	-----	(100)
Pirifenop + Pyridate	-----	-----	-----	-----	(99)
	-----	-----	-----	-----	(99)

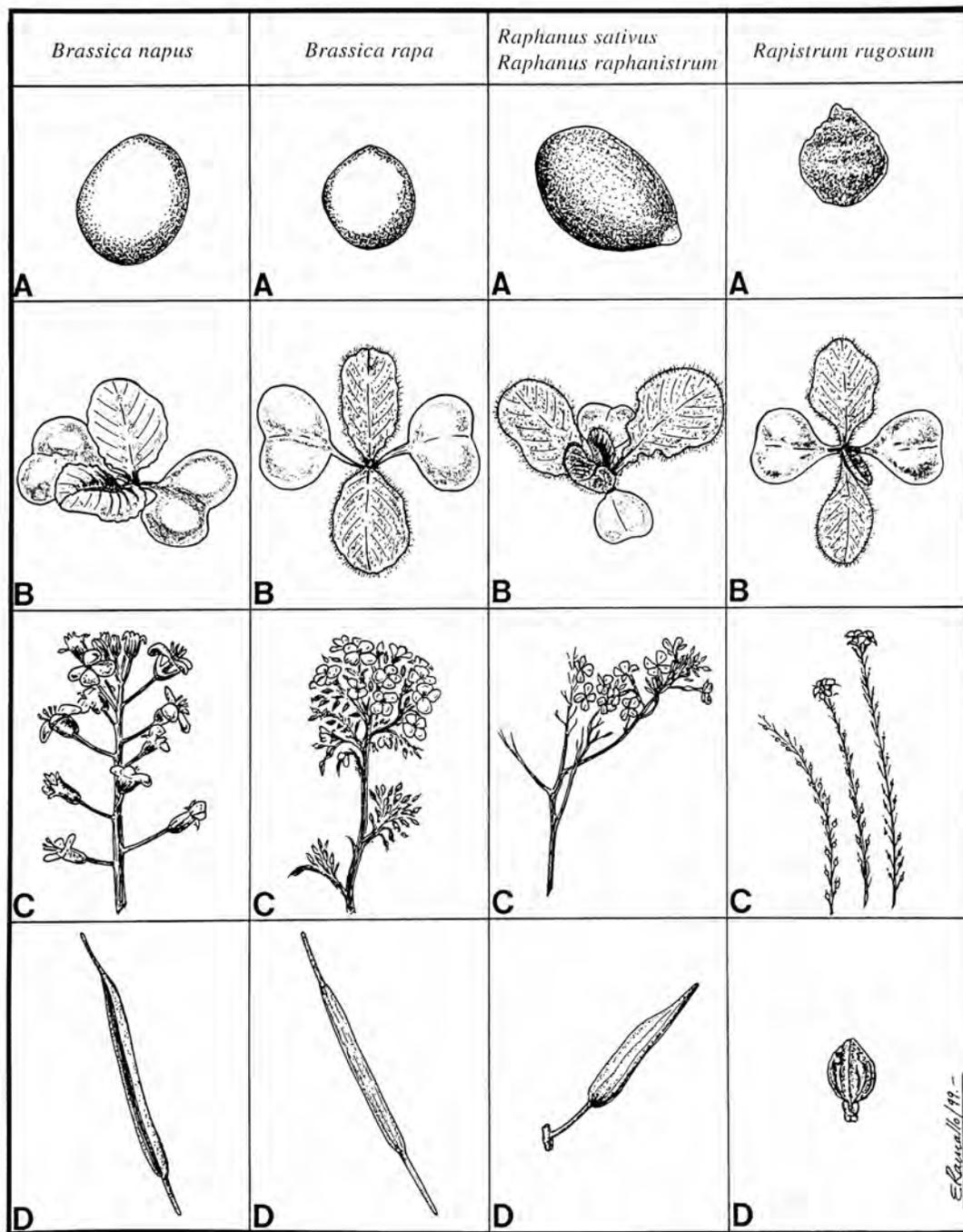


Figura 15. Principales características diferenciales de la canola y de las malezas crucíferas más frecuentes en nuestro país. I) *Brassica napus*: A) Semilla globosa. Diámetro aproximado 2 mm. Peso de mil semillas 4 a 5 g. B) Primera hoja cuadrangular dentada. Glabra. Verde azulada. C) Inflorescencia amarilla. Pimpollos apicales. D) Silicua dehiscente de 6 a 8 cm de largo, con 15 a 40 semillas. II) *Brassica rapa*: A) Semilla globosa. Diámetro aproximado 1,5 mm. Peso de mil semillas 2 a 3 g. B) Primera hoja elíptica crenada. Con pelos. Verde. C) Inflorescencia amarilla. Pimpollos subapicales. D) Silicua dehiscente de 5 a 6 cm de largo, con 15 a 40 semillas. III) *Raphanus sativus* y *Raphanus raphanistrum*: A) Semilla ovada y algo comprimida. Diámetro aproximado 3 a 5 mm. Peso de mil semillas 7,2 g. B) Primera hoja elíptica a espatulada. Con pelos. Verde azulada. C) Inflorescencia violácea, blanca o rosada. Pimpollos y flores aproximadamente a igual altura. D) Silicua indehiscente de 2 a 7 cm de largo, con 12 a 14 semillas. IV) *Rapistrum rugosum*: A) Semilla globosa a ovada, 2,5 mm de diámetro. Peso de mil silicuas 4,8 g. B) Primera hoja elíptica. Con pelos. C) Inflorescencia amarilla. Pimpollos y flores aproximadamente a igual altura. D) Silicua indehiscente de 2 a 6 mm de largo y 1,5 a 2 mm de ancho. Con 1 a 2 semillas.

E. Casanovi 1992

Las semillas de las crucíferas permanecen dormantes en el suelo durante varios años, lo cual determina un alto grado de aleatoriedad en su emergencia (76). Información acerca de magnitud y dinámica de las poblaciones de crucíferas en una determinada chacra en años previos puede resultar de utilidad para predecir su eventual incidencia (89). Las semillas de estas plantas responden a la remoción de la tierra, dominando el tapiz cuando el banco de semillas germina luego del pasaje de una herramienta que invierte el suelo (100). Por esta razón es esperable que los enmalezamientos con crucíferas sean relativamente poco importantes bajo siembra directa. En chacras con infestaciones no muy altas, pueden obtenerse buenos resultados si una vez preparada la tierra se provoca un flujo de emergencia, luego se las mata con un herbicida, y se siembra sin laboreo previo.

La pertenencia de estas malezas a la misma familia (e incluso el mismo género) que la canola, restringe en gran medida las posibilidades de control químico con herbicidas selectivos.

Hasta el momento *etametsulfuron* (Muster) es el único herbicida capaz de

controlar algunas crucíferas en canola. Este producto no está registrado en nuestro país. Ensayos en La Estanzuela (47) (cuadro 9) mostraron un pobre control de rábano con este herbicida. Autores argentinos (89) indicaron que en ensayos propios este producto tampoco controló mostacilla (*Rapistrum rugosum*).

En el ensayo antes mencionado no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre cualquiera de los tratamientos efectuados y el testigo enmalezado. En la parcela desmalezada a mano el rendimiento fue aproximadamente el doble del promedio de los de los tratamientos (cuadro 10). Debido al tipo de perjuicios que causan estas malezas y a las dificultades para su control, en campos en que se espera importantes enmalezamientos con crucíferas, el cultivo de canola puede resultar inviable (47). Algunos resultados experimentales obtenidos en Argentina (89) sugieren que chacras con poblaciones de *Brassica campestris*, *Raphanus sativum* y/o *Rapistrum rugosum* de más cinco a diez plantas por metro cuadrado, suponen riesgos de contaminación excesivamente altos en la canola cosechada y no se los considera aptos para cultivo de canola.

Cuadro 9. Resultados de las evaluaciones de daño al cultivo y control de las malezas (promedio de 30, 60 y 90 días post aplicación). Extraído de (47).

Herbicida	Dosis P.C.ha ⁻¹	Daño al cultivo ¹	Control de malezas ²				
			<i>Raphanus ativus</i>	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Anthemis cotula</i>	<i>Cirsium vulgare y Cardus nutans</i>	<i>Stellaria media</i>
Muster	20 g	0	P	P	P	P	P
Muster	30 g	0	P	P	R	R	R
Muster	45 g	1	P	R	B	R	B
Muster + Banvel	30 g 150 ml	1	P	B	B	B	B
Muster + Tordón 24	30 g 150 ml	1	P	B	B	B	B

¹Daño: 0 = sin daño; 10 = muerte total.

²Control: P <60%; R = 60-79%; B = 80-94%; E >95%

Cuadro 10. Rendimiento de semilla y otros componentes del cultivo de canola a la cosecha, según tratamiento herbicida ($P < 0,05$). Adaptado de (47).

Herbicida	Dosis PC/ha	Semilla kg/ha	Materia seca parte aérea kg/ha	Silicuas por planta
Muster	20 g	1.457 b	5.051 b	137 b
Muster	300 g	1.565 b	4.700 b	117 b
Muster	450 g	1.537 b	5.457 b	157 b
Muster + Banvel	30 g + 150 ml	1.509 b	5.953 b	115 b
Muster + Tordon 24	30 g + 150 ml	1.438 b	5.061 b	122 b
Testigo c/malezas	-----	1.360 b	5.125 b	133 b
Testigo s/malezas	-----	3.219 a	10.169 a	246 a

3.5 Insectos plaga y su control

Si bien en otros países el cultivo de canola sufre ataques importantes de insectos, en Uruguay no se ha detectado problemas a este respecto. No obstante, en regiones con condiciones climáticas similares a las nuestras, como el sur de Brasil y Argentina, en algunas circunstancias llega a ser necesario el uso de insecticidas. Cabe esperar que un aumento en la superficie de canola en nuestro país sea acompañado de una mayor incidencia de insectos plaga en el cultivo.

Los insectos que se espera puedan interferir en el cultivo de canola en Uruguay, no afectan otros cultivos de la zona agrícola ganadera de nuestro país. Esto nos permite suponer que las poblaciones nativas de las potenciales plagas están en equilibrio con sus predadores. Ante la eventualidad de un crecimiento en la población de plagas podría resultar importante permitir, en la medida de lo posible, que la población de predadores también crezca en forma proporcional. Tres aspectos importantes de las medidas de control, pueden ayudar a reducir el impacto sobre los enemigos naturales de la plaga. El primero es el uso de insecticidas con reducidos espectros de acción. El segundo es la utilización de una dosis de producto que no extermine la plaga del cultivo y que por el contrario, deje una pequeña población remanente que permita la subsis-

tencia de su predador. El tercer aspecto tiene que ver con la no realización de tratamientos innecesarios, básicamente evitando controles cuando se está por debajo del umbral de daño establecido para la situación.

La utilización de insecticidas puede perjudicar a las abejas, cuya presencia, sobre todo si se trata de *B. rapa*, es beneficiosa para el cultivo. Este es un aspecto que tiende a elevar los umbrales de daño económico. Un tratamiento que elimine abejas además de producir el beneficio "bruto" del control de la plaga, puede producir a la vez el perjuicio de menores niveles de polinización. También se producirán mermas en la producción de miel. Así, el beneficio "neto" será menor. La utilización de productos poco tóxicos para abejas y las aplicaciones fuera del horario en que tienen su mayor actividad, pueden reducir el impacto del tratamiento sobre estos insectos.

En el sur de Brasil (38), Argentina (65) (66) (132) (133), Nueva Zelanda y Australia (43), *Plutella xylostella* o "Palomita de las coles" (Lepidoptera: Plutellidae) y *Brevicoryne brassicae* o "Pulgón ceniciento" (Homoptera: Aphididae) son los insectos plaga más importantes de la canola.

En el caso de *Plutella xylostella*, el adulto es una mariposa de color pardo de unos nueve milímetros de envergadura (figura 16). Los machos tienen el margen

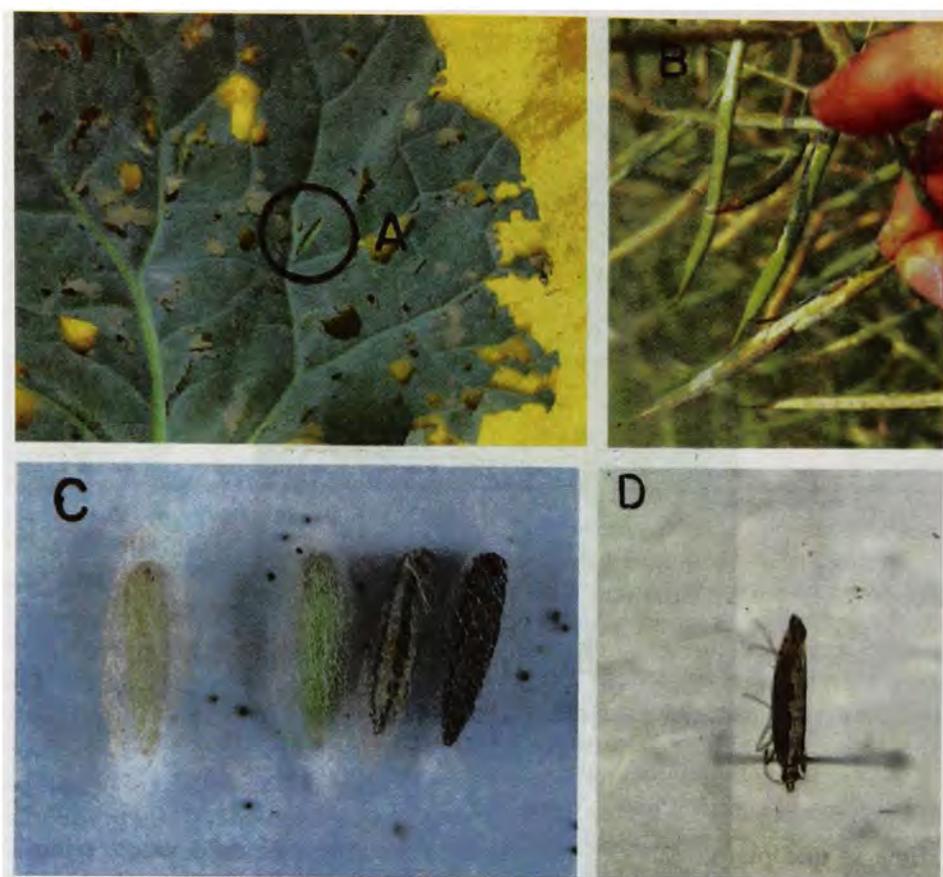


Figura 16. *Plutella xylostella*: a) larva y daño en la hoja; b) daño en las silicuas; c) pupas; d) adulto. Fotografías cortesía de N.L. Domiciano & B. Santos, IAPAR-Paraná-Brasil, 1996.

anterior de las alas de color blanco y en reposo, éstas forman una mancha alargada característica sobre su lomo. Los huevos son prácticamente invisibles a simple vista y son puestos aisladamente o en grupos de dos o tres en ambas fases de la hoja. En las condiciones del sur de Brasil, cada hembra pone alrededor de 160 huevos que eclosionan a los tres o cuatro días. Las lagartas recién nacidas penetran en el interior de la hoja y se alimentan del parénquima. Tres días después comienzan a alimentarse sobre el envés de la hoja. A los nueve o diez días de la eclosión tienen su mayor tamaño (ocho a diez milímetros) (figura 16d) y empupan por siete a catorce días (figura 16c). El período de mayor incidencia de este insecto es durante la fase vegetativa, aunque también ocurren ataques importantes en floración. En general se alimentan exclusi-

vamente de las hojas y ápices en desarrollo (figura 16a), pero si la población es muy alta atacarán también tallos y epidermis de las silicuas (figura 16b) (35) (38). El daño causado por esta especie se caracteriza por agujeros pequeños e irregulares, superficies descubiertas en el envés de la hoja y por "túneles" en el parénquima. Larvas más grandes pueden alimentarse también de flores, tallos y silicuas (38). Las semillas debajo de las superficies de las silicuas que fueron comidas no se llenarán normalmente. El umbral de daño económico para las condiciones de Canadá, en las que el cultivo se desarrolla durante el verano, es de 300 lagartas por metro cuadrado (128). En el sur de Brasil, el umbral manejado es de 10 % de defoliación con infección generalizada (38). Los umbrales varían con el estado del cultivo, la etapa fenológica, la época del año, el costo

del tratamiento, y el rendimiento y precio esperado del grano. Solamente grandes poblaciones que provoquen defoliaciones severas pueden causar pérdidas económicas importantes (38) (128). Se han conseguido controles satisfactorios de este insecto con los insecticidas normalmente utilizados para el control de lagartas en otros cultivos.

Brevicoryne brassicae es un pulgón de dos milímetros de largo aproximadamente, de cuerpo verde cubierto de una capa cerosa de aspecto ceniciento (figura 17) (38). En general, las primeras colonias de estos insectos se encuentran en los bordes de las chacras. Por esta razón, se obtienen buenos resultados haciendo tratamientos localizados en estos lugares (36). La reproducción de este insecto se relaciona directamente con la temperatura, aumentando con ésta (43). Ataca preferentemente los ápices en las inflorescencias para luego extenderse a las hojas (35) (37). En condiciones climáticas favorables, se multiplica rápidamente llegando a formar grandes poblaciones que pueden causar perjuicios importantes. Evaluaciones en Brasil han mostrado que los tratamientos con mejor resultado económico fueron aquellos realizados cuando el 25% de las plantas tenía sus inflorescencias

infestadas. Si el ataque ocurre en una fase adelantada del período de llenado de grano y las silicuas están completamente desarrolladas, no provocará perjuicios de importancia (38). Este tipo de insectos ha sido bien controlado con los productos que regularmente se utilizan para el control de pulgones.

En el sur de Brasil se ha identificado otra serie de insectos que en el caso de aumentar sus poblaciones podrían ocasionar daños importantes, por lo que representan plagas potenciales en la zona. Estas son *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) o "Lagarta de las silicuas", *Hellula sp.* (Lepidoptera: Pyralidae) o "Broca dos ponteiros", *Ascia spp.* (Lepidoptera: Pieridae) o "Lagarta defoliadora", *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) o "Vaquita de San Antonio" y *Trigona sp.* (Hymenoptera: Aphidae) o "Abeja Irapuá" (35) (38).

En ensayos en Argentina se han detectado ataques de los lepidópteros *Rachiplusia nu* o "lagarta medidora" y *Colias lesbia* o "lagarta de la alfalfa", así como también de los pentatómidos *Nessara viridulia* y *Edessa spp.*, las chinches más frecuentes en Uruguay (65) (66) (132).

3.6 Sanidad

3.6.1 Generalidades

En las diferentes áreas del mundo en que se cultiva canola existen enfermedades producidas por hongos, bacterias y virus, que pueden causar pérdidas de variada importancia. Las más importantes por su frecuencia de aparición y daños que ocasionan, son provocadas por hongos. Las mismas se mencionan en el cuadro 11. En el cuadro 12 figuran enfermedades de menor importancia en canola.



Figura 17. Ninfas y adultos de *Brevicoryne brassicae* atacando la inflorescencia. Fotografía cortesía de N.L. Domiciano & B. Santos, IAPAR-Paraná-Brasil, 1996.

Cuadro 11. Enfermedades de mayor importancia en canola.

Patógeno	Nombres de la enfermedad que ocasiona
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Podredumbre del tallo Podredumbre blanca Sclerotinia <i>Sclerotinia stem rot</i>
<i>Alternaria brassicae</i> y <i>Alternaria brassicicola</i>	Alternaria Alternariosis Mancha negra Alternaria leaf and pod spot <i>Black spot</i>
<i>Leptosphaeria maculans</i> (<i>Phoma lingam</i> , forma sexual)	<i>Black leg</i> Stem canker <i>Canela preta</i>
<i>Albugo candida</i>	Roya blanca <i>White rust</i>
<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición de pie <i>Foot rot</i>
<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición marrón estrangulante de la raíz <i>Brown girdling root rot</i>
<i>Fusarium spp.</i> , <i>Phyium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Phytophthora megasperma</i>	<i>Damping off</i> Síndrome de decaimiento de invierno <i>Seedling blight</i>

Cuadro 12. Enfermedades de menor importancia en canola causadas por hongos.

Patógeno	Nombres de la enfermedad que ocasiona
<i>Mycosphaerella capsellae</i>	<i>White leaf spot</i>
<i>Peronospora parasitica</i>	<i>Downy mildew</i>
<i>Pyrenopeziza brassicae</i>	<i>Light leaf spot</i>
<i>Verticillium dahliae</i>	<i>Verticillium wilt</i>

Si bien las bacterias *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* y *Erwinia carotovora* ocasionan enfermedades en canola, ninguna de éstas tiene mayor importancia en ninguna parte del mundo. Con referencia a las enfermedades virósicas, se reconocen 11 virus diferentes capaces de infectar a la canola. Sólo uno de ellos, el TuMV (Virus del mosaico de la colza, *Turnip Mosaic Virus*), causa daños importantes en los cultivos de colza en China (112).

La resistencia genética ha sido un recurso útil en canola para prevenir enfermedades. Dentro de la especie *B. napus*, existen varias fuentes de resistencia a *Leptosphaeria maculans* y a *Mycosphaerella capsellae*, pero sólo algunos genotipos tienen algún nivel de resistencia a *Sclerotinia sclerotiorum* y/o a *Alternaria brassicae* (112). Otros autores (40) sostienen que *B. napus* es más resistente a *Alternaria* que *B. rapa*. *B. juncea*, por su parte, es resistente a *Leptosphaeria maculans* y fue utilizada en Canadá como fuente de resistencia a esta enfermedad para *B. napus*. Se cree que también puede ser fuente de resistencia a otras enfermedades (135). También existen en esta especie algunas fuentes de resistencia a *Albugo candida*. En el caso de *B. rapa*, sólo se ha logrado introducir resistencia a *Albugo candida* en materiales canadienses. Esto se debe a la escasa variabilidad genética existente en este aspecto y a los elevados niveles de polinización cruzada de esta especie. Según autores canadienses (112), la mayor fuente de variación genética para las enfermedades de canola se encontraría en *B. napus*.

A nivel mundial, sólo en algunas situaciones el tratamiento químico es utilizado como principal estrategia de control de enfermedades. Este es el caso de la India, donde se trata rutinariamente contra *Alternaria*, y de Europa, donde en años húmedos se lo hace contra el mismo patógeno (112).

En nuestro país se ha podido comprobar la presencia de algunas de las enfermedades antes mencionadas. En esos casos, los ataques se dieron casi exclusivamente en forma aislada y con escasa magnitud. Es posi-

ble que la expansión del cultivo provoque un aumento en la incidencia de las enfermedades que ya han sido observadas y la aparición de otras nuevas. La relativa antigüedad de este cultivo en Argentina y el sur de Brasil y los escasos antecedentes nacionales, no nos permiten definir con mediana exactitud la situación sanitaria de este cultivo en nuestro país. No obstante, en base a los antecedentes de la región se analizarán las enfermedades que se entiende podrían llegar a ser los principales problemas sanitarios de este cultivo en Uruguay.

3.6.2 Enfermedades potencialmente importantes en nuestra región

3.6.2.1 *Sclerotinia sclerotiorum*

Este patógeno ha aparecido con incidencia variable en canola en Argentina (28) (65) (133), sur de Brasil (21) (29) y en Uruguay (45) (104). Ocasionó el único problema de hongos de importancia en nuestro país, de nuestro conocimiento. La epifitía ocurrió en el año 1994 en un cultivo de la zona de Ombúes de Lavalle (ver Capítulo IV), donde se registraron pérdidas estimadas en un 50 % del rendimiento potencial (Daniel Alves, comunicación personal). Este problema no había ocurrido antes ni ocurrió después de ese año. Esto coincide con los antecedentes a nivel mundial, en los que grandes epifitias de esta enfermedad ocurren esporádicamente con condiciones climáticas predisponentes para el desarrollo. Por esta razón, en varias regiones se ha concentrado mucho esfuerzo en el desarrollo de sistemas de alarma basados en parámetros climáticos (112).

En general, los síntomas de este hongo se hacen evidentes luego de floración, debido a que la infección está relacionada con la caída de pétalos. Las lesiones en las hojas son grisáceas, de contornos irregulares y frecuentemente asociadas a pétalos adheridos en el lugar (figura 18). Las de los tallos son blanquecinas, a veces con anillos más oscuros que marcan el avance de la enfermedad. El límite entre el tejido infectado y el sano está muy bien definido. Las plantas con tallos infectados son más débiles y tienden a volcarse, maduran tempranamen-



Figura 18. Tallo de canola afectado por *Sclerotinia sclerotiorum*. Fotografía cortesía de BASF.

rir bajo el follaje), los esclerocios que estén en la superficie del suelo y hasta cinco centímetros de profundidad inclusive (figura 20b), pueden germinar dando apotecios (figura 20c), los que a su vez generan ascosporas, capaces de infectar la planta (figura 20d). Para que ocurra lo antes mencionado, debe transcurrir un período de por lo menos diez días con el suelo a capacidad de campo y bajo la sombra. Es por ello que zonas húmedas en la chacra y cultivos muy densos favorecen el desarrollo de los apotecios. Por otro lado, ascosporas próximas a la planta (figura 20e) pueden germinar y sus micelios infectarla (figura 20f). Este mecanismo ocurre con muy baja frecuencia con respecto al anteriormente descrito (128). Los cambios en la humedad ambiente provocan la liberación de ascosporas al aire, las que se dispersan con el viento y son capaces de viajar varios kilómetros de esta manera. Estas estructuras se depositan en los pétalos, entre otros lugares. Cuando éstos, ya inoculados con el patógeno, caen, algunos quedan depositados en axilas o superficie de las hojas (figura 20g). En este lugar germinan las ascosporas, nutridas por el pétalo muerto. Para que este

48

te, y se visualizan como manchones marrones en la chacra. Al final del ciclo del cultivo, pueden verse esclerocios negros en el interior de los tallos (figura 19) y silicuas infectadas, acompañados de micelios blancos. En condiciones de mucha humedad pueden encontrarse también en la parte externa de tallos y silicuas infectadas. En algunos casos se da una asociación con *Botrytis cinerea*, que se evidencia por la cobertura de las zonas infectadas con un micelio gris amarillado (112).

El desarrollo de la enfermedad ocurre a partir de esclerocios capaces de sobrevivir en el suelo por más de diez años (figura 20a) (29). Estos pueden ser visibles a simple vista como cuerpos melánicos de tamaño similar o mayor al de las semillas de canola. Con condiciones de temperaturas frescas y humedad (que generalmente pueden ocu-



Figura 19. Esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* en tallo de canola infectada. Fotografía cortesía de BASF.

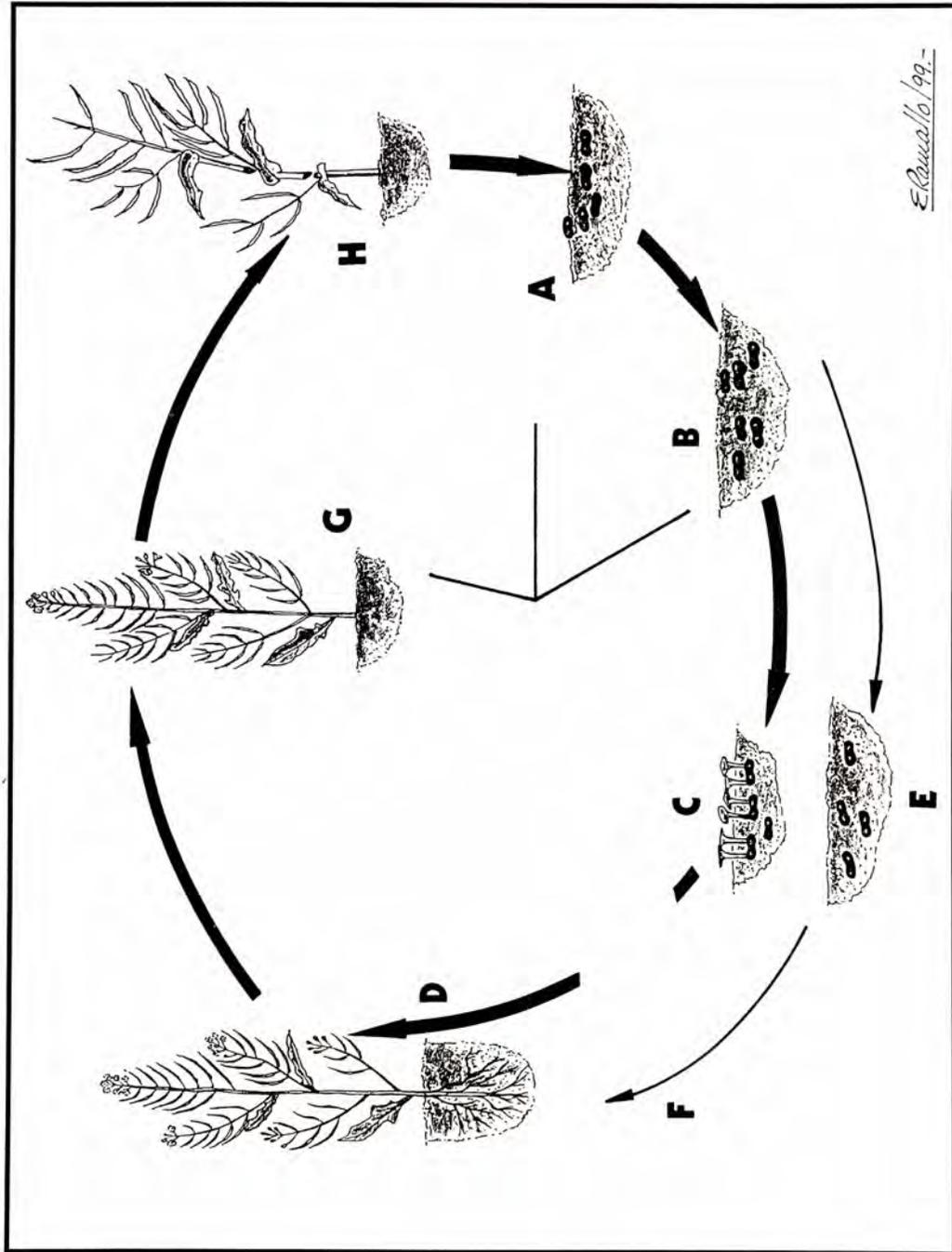


Figura 20. Ciclo de *Sclerotinia sclerotiorum*.

proceso pueda ocurrir es necesario que los tejidos estén húmedos por lo menos durante tres días. A partir de aquí ocurre la invasión a los tejidos de la planta (figura 20h). Esto explica el hecho de que la enfermedad sea monocíclica durante un ciclo del cultivo. Al finalizar esta etapa el patógeno produjo nuevos esclerocios que serán albergados en el rastrojo (figura 20a) (112).

La infección se traduce en menos silicuas por planta, menos granos por silicua, y en granos pequeños que se pierden en la cosecha. La magnitud del daño en cada planta dependerá de si el patógeno afectó una o varias ramas o el tallo principal y de la etapa dentro de la floración en la que ocurrió el ataque.

Esta especie de *Sclerotinia* es la misma que produce la podredumbre del capítulo y el estrangulamiento del tallo de girasol. Es capaz de atacar también soja, trébol, alfalfa y otros (133). En las regiones donde se cultiva canola en verano se desaconseja el cultivo posterior de soja (29). No se encontraron referencias concretas a problemas de este tipo en Argentina o Brasil. A pesar de esto, si se consideran las características de la enfermedad y los antecedentes en otras regiones del mundo, se hace obvia la inconveniencia de rotaciones de cultivos sucesivos de canola, girasol y soja.

La longevidad de los esclerocios en el suelo, la movilidad de las esporas y la susceptibilidad de otras especies a esta enfermedad, hacen que su prevención y control esté relacionado a varios aspectos de la rotación y no sólo al cultivo de canola. En Canadá se han logrado reducciones en la incidencia de la enfermedad espaciando los cultivos susceptibles por cuatro años, aunque en campos donde había habido epifitias importantes, se volvieron a presentar problemas (128). Además, la rotación no protege el cultivo de infecciones por esporas que vienen en el aire, por lo que puede ser beneficioso evitar el cultivo de canola en lugares adyacentes a donde haya habido una infección importante. La quema de rastrojos reduce la población de esclerocios pero un posterior laboreo del suelo expone nuevamente estas estructuras del patógeno. Las gramíneas no son susceptibles a esta enfermedad, por

lo que cultivarlas interrumpe la fase parasítica del hongo. Los esclerocios pueden mezclarse con las semillas, produciendo fallas en la germinación y en el establecimiento de plántulas (29). Esto puede ser particularmente importante cuando se utilice semilla de origen dudoso.

Controles con aplicaciones aéreas de *benomil* (Benlate, Fundazol, Benomyl) (0,38 - 0,75 kg i.a./ha), *iprodione* (Rovral) (0,5 - 0,75 kg i.a./ha), *vinclozolin* (0,38 - 0,5 kg i.a./ha) y *sumisclex* en el momento en que las plantas alcanzaron 20 a 30 % de floración, han resultado en incrementos en los rendimientos de entre 15 y 80% (91) (112) (120) (129). Ensayos en Canadá, evidenciaron un mejor control de esta enfermedad utilizando *benomil* que usando *iprodione*. En situaciones en las que existían pocos apotecios en floración temprana pero se incrementaban en floración tardía, los mejores controles se lograron con tratamientos efectuados en floración tardía. Otros ensayos (121), obtuvieron buenos resultados en el control de esta enfermedad utilizando *carbendazim* (Carbendazim, Carbendaflow, Bavistin, Bencarb, Cibencarb). Los fungicidas mencionados sólo tienen acción preventiva, por lo que los tratamientos efectuados después de la aparición de los síntomas no logran buenos resultados. Su acción protectora dura alrededor de diez días.

Debido a que esta enfermedad sólo es un problema en determinadas condiciones predisponentes para la epidemia, la decisión de efectuar un tratamiento se basa en el rendimiento potencial del cultivo y en el riesgo estimado de desarrollo de un ataque. En las regiones de Canadá donde se cultiva canola, el riesgo se estima considerando principalmente la presencia o no de la enfermedad en la chacra en zafra pasadas, en chacras vecinas, la presencia de esclerocios en la semilla cosechada en los pasados tres años, la ocurrencia de cultivos de canola volcados en años anteriores y el haber tenido cultivos de canola anteriores de buena apariencia pero de malos rendimientos. A esto se suman las condiciones actuales del cultivo, como humedad en el follaje al comienzo de floración y la ocurrencia de lluvias y tiempo húmedo durante las

dos a tres semanas previas a la floración que, manteniendo mojado el suelo, permitan la generación de apotecios (128).

En Canadá se ha desarrollado un método para el pronóstico temprano de la evolución de la enfermedad y la determinación de la conveniencia de realizar un tratamiento preventivo. El mismo evalúa el grado de incidencia del patógeno en el cultivo, para lo que se provoca el desarrollo de la infección *in vitro*. Para esto se muestrean pétalos y se los cultiva en una solución nutritiva de agar y antibióticos durante tres días y medio. Mediante un tabla diseñada a estos efectos se determina el nivel de riesgo al que corresponden los valores obtenidos *in vitro*. La evaluación del riesgo de ocurrencia de la epifitía, surge del análisis conjunto de los niveles de contaminación determinados por el método recién descrito y de las condiciones climáticas de ese momento (112) (131). La eficiencia de este método fue evaluada en Canadá, habiéndose obtenido resultados muy satisfactorios (91). De todas maneras, la utilización simultánea de los dos métodos descritos permitiría una mayor certeza en el pronóstico y determinaría mayores probabilidades de éxito para una determinada medida de control.

3.6.2.2 *Alternaria brassicae* y *A. brassicicola*

Este hongo fue detectado en cultivos de canola en Argentina (65) (133), en ensayos en Uruguay (104) y en Brasil (29). En el Uruguay, la especie detectada fue *A. brassicicola*. En el caso de Brasil, se identificó a *A. brassicae* como la principal especie y a *A. alternata* y *A. raphani* como secundarias. La enfermedad apareció en principio en pocos lugares y actualmente está presente prácticamente en todos los cultivos de canola de ese país. A diferencia de *Sclerotinia*, *Alternaria* se presentó con mucha frecuencia pero su severidad fue muy variable (29).

Constituye una de las enfermedades más importantes en Canadá, donde, al igual que en Brasil, aparece con frecuencia, pero provoca pérdidas solamente cuando la infección es importante. En estas regiones, las mermas en rendimiento han sido de 20 % o mayores (128). *B. napus* es relativamente resistente a esta enfermedad, lo que explica

que, como se vio anteriormente, ocurra con alta incidencia pero con baja severidad. Reportes de Alemania, Polonia, Australia y Canadá (112) coinciden en que años con climas húmedos y calurosos a fines del ciclo del cultivo son los que han permitido el desarrollo de la epifitía a niveles perjudiciales. Los países como India, en que se cultiva *B. juncea* y *B. rapa* tienen, debido a la mayor susceptibilidad de estas especies, problemas bastante más graves con este patógeno. No obstante, a pesar de las diferencias en la susceptibilidad, no existen cultivares resistentes de ninguna de las tres especies (112).

Este patógeno afecta los rendimientos al producir vaneos de semillas y dehiscencia de silicuas. El Manual de Cultivo de Canola de Canadá (128) recomienda un método de estimación de daño para las condiciones de cultivo de ese país. Según el mismo, por cada unidad porcentual de superficie de tallo y silicua afectada, el rendimiento se reduce en magnitud equivalente. Asimismo explica que adelantando lo máximo posible el corte, se ha podido reducir en algo las pérdidas por dehiscencia de las silicuas afectadas.

Los síntomas de esta enfermedad pueden encontrarse en tallos, hojas y silicuas. En las hojas las manchas son más o menos concéntricas, de tamaño variable, grises en condiciones de humedad y marrones o gris-púrpura o negra en condiciones menos favorables, generalmente rodeadas de un halo clorótico si la hoja todavía está verde (figura 21a). Las manchas en los tallos comienzan como pequeños puntos marrones o negros, que evolucionan a manchas elongadas y negruzcas. En las silicuas, las manchas también comienzan como puntos negros o marrones, que generarán manchas oscuras y circulares, y pueden expandirse formando áreas necróticas marrones con un centro más claro. En la inflorescencia las silicuas afectadas y con semillas abortadas se ven más pequeñas y oscuras que el resto, o bien están ausentes y sólo se encuentra el pedúnculo (figura 21b). En caso de que las semillas utilizadas estén infectadas, puede ocurrir *damping off* y/o dar plántulas con manchas negras en los cotiledones; esto ocurre generalmente en regiones como la India, donde el cultivo se planta en suelos cálidos, pero



Figura 21. Síntomas de *A. brassicae* en hoja (a) y en silicuas (b). Fotografías cortesía de BASF.

es difícil que tenga incidencia en regiones más templadas (128).

Alternaria puede sobrevivir como saprófito en plantas muertas y/o atacando hospederos secundarios (figura 22a). Estas facultades y la posibilidad de infectar las semillas (figura 22b) son las formas posibles de inóculo de esta enfermedad en una chacra (128). Las esporas de este hongo (figura 22c) necesitan para germinar temperaturas de 21 a 28°C y agua libre o más de 95 % de humedad relativa. Al ocurrir estas condiciones (generalmente no antes del comienzo de floración), comienza a desarrollarse la infección en las hojas inferiores, germinando las esporas y causando lesiones en pocos días (figura 22d). Condiciones húmedas y cálidas favorecen el desarrollo de las lesiones, a partir de éstas se generan esporas capaces de infectar nuevas partes de la misma planta o plantas vecinas (figura 22e). Este proceso se incrementa rápidamente durante la maduración de las silicuas, las que pueden terminar infectadas (29) (Figura 22f). Las silicuas afectadas generarán semillas infectadas y/o contaminadas

exteriormente con esporas del patógeno (figura 22g) que, una vez en el suelo, serán fuente de inóculo para cultivos subsiguientes (figura 22b) (128). Cabe destacar que al comienzo del ciclo del cultivo, la incidencia de la enfermedad y el nivel de conidios permanecen bajos, debido principalmente a la presencia de tejidos jóvenes menos susceptibles y a la no ocurrencia de altas temperaturas. Por esta razón no es esperable el desarrollo de la enfermedad en plántulas (figura 22h), aún proveniente de semillas infectadas o creciendo en rastrojo con inóculo.

Algunas medidas de manejo que tienen en cuenta las características del patógeno pueden ser útiles para reducir su incidencia. De esta manera, rotaciones que excluyan cultivos del género *Brassica* por más de tres años disminuyen significativamente la cantidad de inóculo en el campo (29) (128). El control de plantas hospederas del patógeno y el entierro del rastrojo (aún si se cultivara en un campo adyacente al actualmente infectado), también tendrán ese efecto (29) (128).

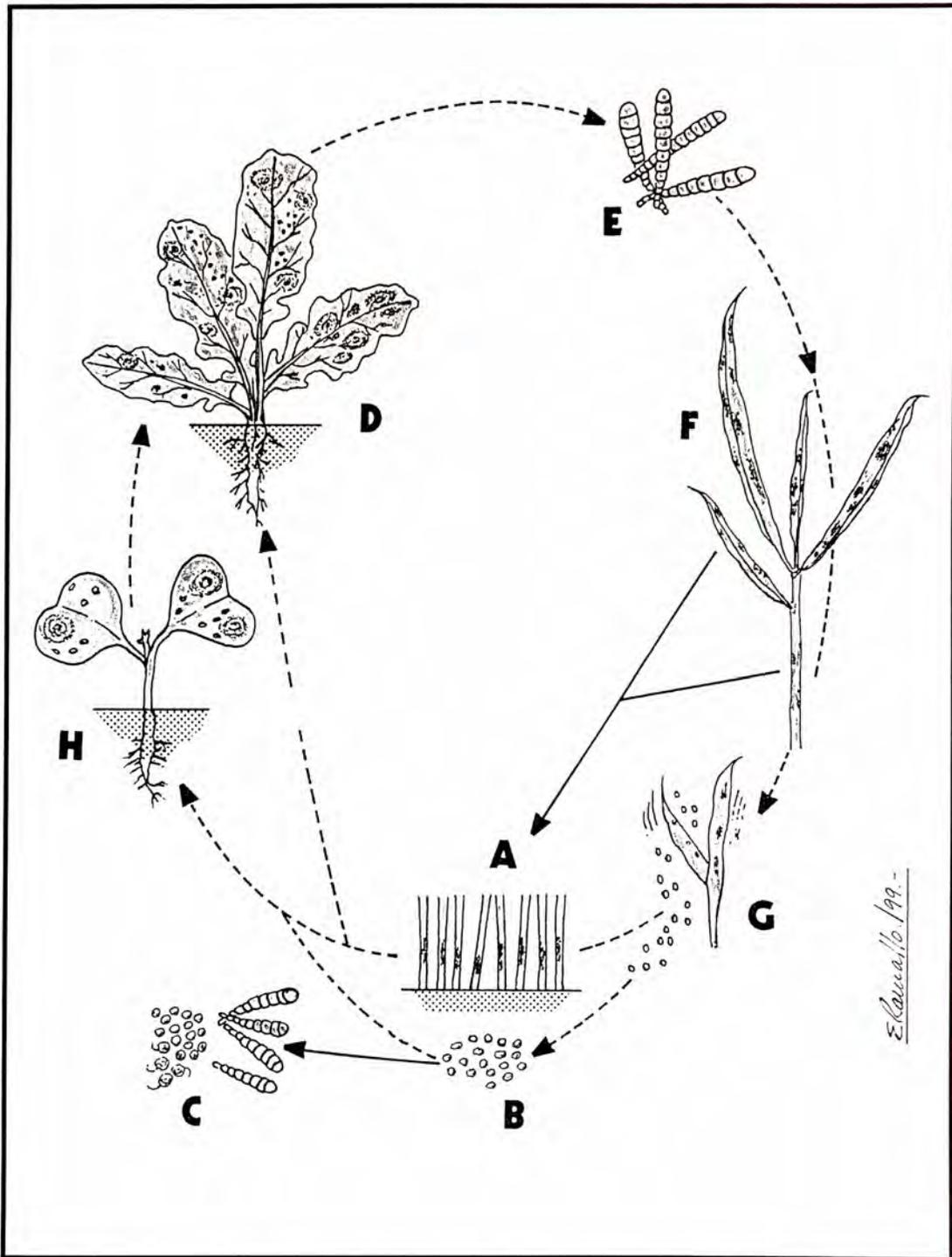


Figura 22. Ciclo de *Alternaria brassicae*.

Debido a la posibilidad de que las semillas sean fuentes de inóculo, eliminar mecánicamente semillas pequeñas y vanas que pueden estar infectadas con este hongo, podría resultar beneficioso (29) (128).

El control químico es una alternativa que ha dado buenos resultados en diversas partes del mundo. En Canadá se ha conseguido bajar la incidencia de la enfermedad cuando proviene de semilla, tratándola con *dicarboximida*, *fenpropimorp* o *iprodione* (112). Sin embargo, otros autores (128), han indicado que no existen tratamientos de semilla eficientes (128). Por otro lado, tratamientos de *iprodione* en el momento de la caída de los pétalos lograron proteger el cultivo hasta cosecha (112). Ensayos en Reino Unido (118), mostraron buen control de esta enfermedad con aplicaciones de *procloraz* (Sportak, Mirage, Octave) o de *iprodione + metil-tiofanato*, en fin de floración.

3.6.2.3 *Leptosphaeria maculans* (*Phoma lingam*, forma asexual)

No se encontraron reportes que indiquen la ocurrencia de esta enfermedad en Uruguay o Argentina. No obstante, en las regiones del mundo donde se cultiva canola, incluido Brasil (29), se ha ido generalizando con incidencia variable (112). Parecería lógico entonces, esperar la aparición de la

misma en nuestro país. Esta enfermedad ha causado pérdidas de rendimiento de magnitud variable. En Canadá, Europa y Australia, las mermas han sido generalmente menores a 10 %, aunque en algunas chacras aisladas ocurren ataques con incidencias de entre 50 y 100 % que reducen los rendimientos en 20 a 50 % (52).

El hongo puede mostrar síntomas en cotiledones, hojas, tallos y silicuas. Las plántulas atacadas pueden morir. En caso de ataques en este estadio, las lesiones en los cotiledones y/u hojas son de color blanco y aspecto "sucio", de formas redondas a irregulares y tamaño variable. Sobre el tejido muerto pueden encontrarse picnidios de color negro, los que a su vez pueden presentar picnidiosporas y/o mucílagos rosados cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables (figura 23a) (128). Desde floración puede observarse el cancro del tallo, de apariencia similar a las lesiones de las hojas pero hundidas en el tejido y con borde negro o púrpura (figura 23b) (52). Estas lesiones se encuentran en general en la base del tallo o donde se inserta la primera hoja. Las mismas restringen el flujo de agua y nutrientes, causando la madurez prematura de la planta, y desarrollando vainas y semillas vanas. La susceptibilidad al vuelco aumenta notablemente con estas



Figura 23. Síntomas de *Leptosphaeria maculans* en hoja (a) y en tallo (b) donde pueden observarse picnidiosporas. Fotografías cortesía de BASF.

lesiones (52). Las vainas y semillas también pueden ser infectadas. Las silicuas enfermas maduran tempranamente, se abren prematuramente y producen semillas vanas (128). Existe una raza no virulenta de este mismo patógeno que no causa mayores perjuicios. Sus síntomas generalmente aparecen en la senescencia del cultivo, causando leves lesiones en las plantas. Las mermas en el rendimiento causadas por esta raza no superan en general el 2% (52).

Analizando el establecimiento de la enfermedad en las regiones donde se cultiva canola, un autor (52) señala que esto se debe principalmente a la convergencia de cinco factores: la presencia de una raza virulenta del patógeno; el aumento de la incidencia del cultivo en la región, acompañado de la presencia de variedades susceptibles; el desconocimiento de la importancia de la semilla como forma de introducción del patógeno; el incremento de la cantidad de residuos de cultivos de canola en las chacras; y la ocurrencia de condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad.

El patógeno puede ser introducido en el cultivo mediante la siembra de semillas infectadas (figura 24a) o por la llegada de ascosporas, producidas por peritecios en rastrojos de canola cercanos (a menos de 8 km de distancia) que estuvieron infectados (figura 24b). La primera forma es poco importante en regiones donde el patógeno ya existe, pero puede ser muy importante como forma de introducción en nuevos lugares. Si la enfermedad ya está instalada en la región, las ascosporas serían la principal fuente de inóculo primario, pudiendo viajar estas esporas hasta ocho kilómetros, e infectar otros cultivos (112) (128). Esta primera infección ocurre principalmente en cotiledones, en pecíolos o en hojas y puede ser asintomática, quedando latente para luego desarrollar la enfermedad con sus síntomas característicos (figura 24c). En cultivares resistentes a este hongo, esta fase de latencia ocurre sin el desarrollo posterior de la enfermedad (112). En los susceptibles, en cambio, al avanzar la enfermedad comienzan a formarse picnidios que liberan picnidiosporas (figura 24d). Este tipo de esporas constituye

el inóculo secundario, no pueden trasladarse a gran distancia pero cuando son salpicadas desde el piso por la lluvia, infectan otras plantas o partes de la misma planta propagando la enfermedad (52) (112). Las condiciones de humedad favorecen el desarrollo de la epifitía en esta etapa. Al avanzar la misma se incrementan las manchas foliares y se forma el cancro del tallo (característico de este patógeno) (figura 24e). Esporas provenientes de ambos tipos de lesiones son capaces de infectar silicuas, que generarán semillas también infectadas (figura 24f) (112).

Una de las principales alternativas de control de esta enfermedad es la utilización de cultivares resistentes, los que están disponibles en el mercado gracias a la gran variabilidad genética que existe para esta característica (112). Por otro lado, los residuos del cultivo de canola infectada de *Leptosphaeria* son la fuente más importante de inóculo. Existen algunas medidas de manejo que, pudiendo aplicarse, pueden resultar útiles para disminuir la cantidad de inóculo. Entre éstas se encuentra el uso de una rotación adecuada con cultivos no susceptibles, entierro o quema de rastrojos, cultivar canola a más de 8 km de distancia desde rastrojos infectados y controlar las plantas voluntarias de canola o crucíferas silvestres (52) (128). En Canadá, se considera riesgoso cultivar canola hasta en el tercer año posterior a un cultivo en que haya ocurrido una epifitía de este patógeno.

Existen alternativas de control químico para esta enfermedad. La aplicación de 125 g i.a./ha de *propiconazol* (Tilt), en el período comprendido entre segunda hoja verdadera y el momento en que el botón floral se hace visible en el centro de la roseta, previene un ataque temprano (el más perjudicial) y protege al cultivo durante tres semanas (128). Este producto no evita posteriores infecciones de *Leptosphaeria*, pero los daños tardíos que la enfermedad pudiere provocar no producirían mermas importantes en el rendimiento. En Europa se realizan tratamientos en otoño o principios de primavera con *prochloraz*, obteniéndose incrementos pequeños en el rendimiento pero rentables (112). Tratamientos con *prochloraz* o con *iprodione*

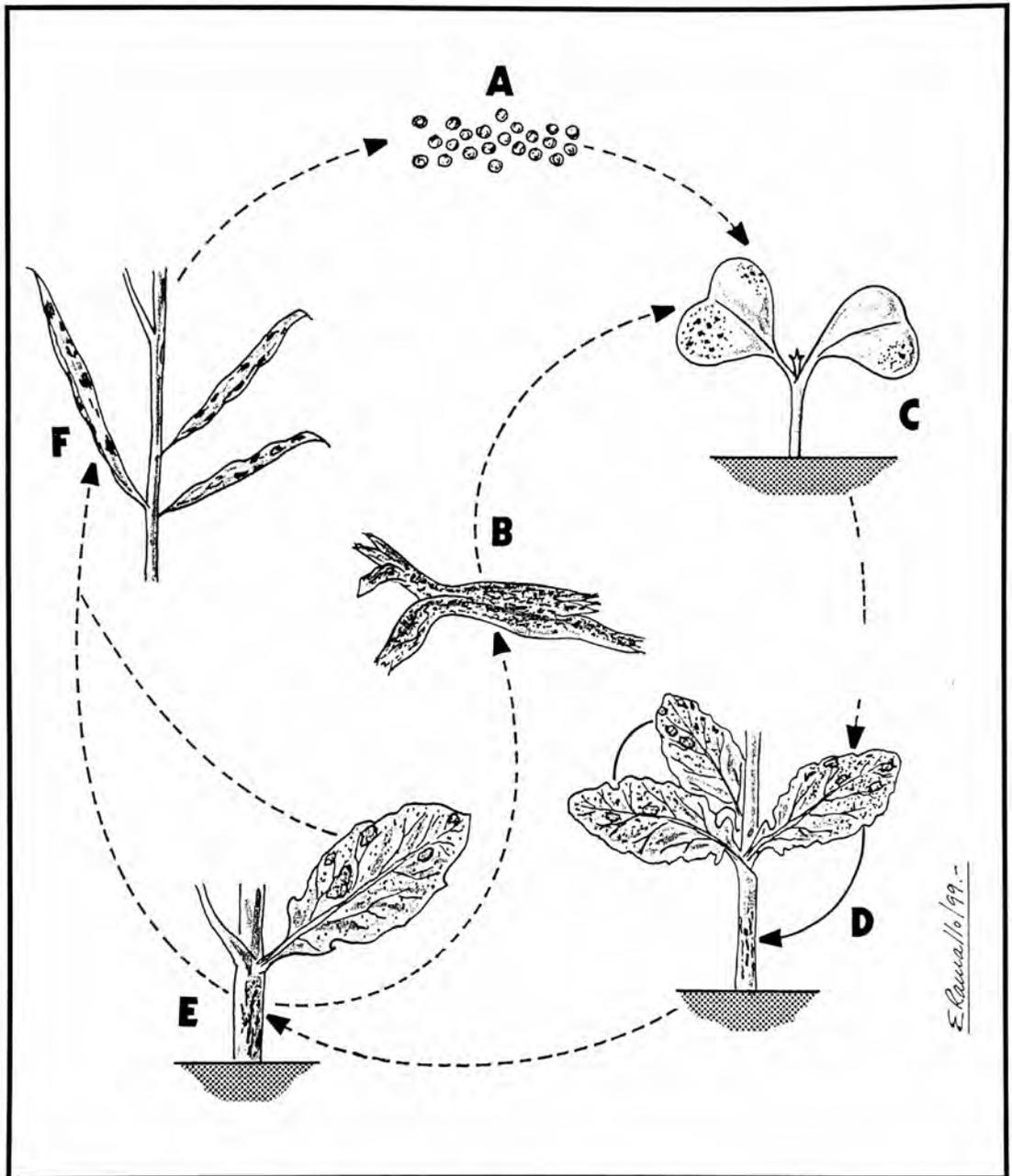


Figura 24. Ciclo de *Leptosphaeria maculans*

+ metil-tiofanato, al fin del estadio de roseta o el comienzo de la elongación, redujeron significativamente la incidencia de la enfermedad en ensayos en Inglaterra (118). Ensayos en Alemania (44) mostraron buen control de la enfermedad con vincozolin o

con procloraz, pero el incremento en rendimiento sólo hizo rentable el tratamiento en las variedades más susceptibles. Pruebas en Canadá (110) con los triazoles triadimefon (9,4 kg i.a./ha), diconazol (3,76 kg i.a./ha) y uniconazol (5,64 kg i.a./ha)

aplicados al final de la etapa de roseta, redujeron la incidencia y severidad de la enfermedad, aumentando los rendimientos en 17, 33, y 30 %, respectivamente.

Como se mencionara anteriormente, la introducción de la enfermedad en zonas libres de ésta, ocurre a través de la semilla infectada. La existencia de semillas con este problema no es improbable. Relevamientos en Canadá (29), mostraron que 2 % de la semilla de canola comercializada estaba infectada por *Leptosphaeria*. No habiendo en nuestro país antecedentes de esta enfermedad, se hace evidente la ventaja de sembrar semillas tratadas con fungicidas. En Canadá se ha obtenido buenos resultados con tratamientos con *benomil* o *carbathiin* (120) (128). En este mismo país se obtienen buenos resultados tratando la semilla para controlar *Leptosphaeria* proveniente de semilla y *damping off* utilizando alguna de las siguientes mezclas formuladas comercialmente, que en muchos casos incluyen insecticidas para el control de insectos del suelo: *benomil* 6% + *tiram* 10% + *lindano* 50%, a razón de 800 g p.c./25 kg de semilla; *carbathiin* 45 + *tiram* 90 g/L + *lindano* 533, a razón de 22,5 mL p.c./kg de semilla; *lindano* 500 + *iprodione* 167, en dosis de 30 mL p.c./kg de semilla. También se utiliza una mezcla de *tiabendazol* 1,6 % + *tiram* 4,8 % + *lindano* 40 %, aplicada a razón de 700 mL de mezcla cada 25 kg de semilla, que en las condiciones de ese país puede controlar *Alternaria* proveniente de semilla además de *Leptosphaeria* y *damping off*. Otros ensayos (137) evidenciaron reducciones en la severidad de la incidencia de la enfermedad de hasta 35 % cuando se aplicó *flutriafol* cubriendo el fertilizante (0,75 g i.a./kg de fertilizante). Los resultados de este método variaron mucho con la acidez de los distintos suelos y fertilizantes, y en algunos casos el tratamiento tuvo poco o ningún efecto (137). Los tratamientos en semillas o fertilizantes no protegen a las plantas de infecciones originadas en esporas que llegan al cultivo por aire (120).

3.6.2.4 *Albugo candida*

Esta enfermedad fue detectada en ensayos de canola en Uruguay (104) y en cultivos

en Brasil (29), donde su incidencia económica es muy baja. Es importante en *B. rapa* en Canadá y en *B. juncea* en India (112). Este patógeno puede afectar otras especies, principalmente *Raphanus sativus* y demás crucíferas espontáneas. Dentro de las especies de canola, *B. rapa* es la más susceptible, mientras sólo unos pocos genotipos de *B. napus* son susceptibles y solamente a ciertas cepas del patógeno. Su incidencia sobre la segunda especie puede ser variable, pero su severidad en general es mínima, no produciendo mermas importantes del rendimiento (112).

La fuente primaria de inóculo son las oosporas (estado sexual del patógeno), que pueden estar en el suelo o en la semilla. Estas estructuras pueden sobrevivir largos períodos en condiciones secas. Bajo condiciones de humedad, germinan generando zoosporas. Estas atacan las plántulas, formándose pústulas blancas, levantadas, de aspecto algodonoso, en la parte abaxial (y en menor medida en la adaxial) de la hoja o cotiledones. En estas pústulas se forman zoosporangios, que constituyen la fuente de inóculo secundaria. Estas estructuras pueden llegar a ser una importante fuente de inóculo primaria en el cultivo en ambientes como el nuestro, donde existen plantas hospederas secundarias del patógeno durante todo el año. Los zoosporangios se dispersan por viento o salpicado por la lluvia a otros lugares de la planta o a otras plantas. En condiciones de agua libre y temperaturas de entre 10 y 15 °C, germinan y dan zoosporas que nadan hasta los estomas y emiten hifas que infectan las células adyacentes. De esta manera se generan nuevas pústulas. Cuando el patógeno infecta los meristemas ocurre en general una hipertrofia de la inflorescencia, que provoca una conformación notoriamente anormal de ésta (112).

La utilización de variedades resistentes es la forma más común de control de esta enfermedad. Existen otras medidas complementarias como la rotación de cultivos, el control de plantas hospederas de este hongo y la utilización de semillas libres de contaminación del patógeno. Con respecto al control químico, el tratamiento de semi-

llas con *metalaxil* (Ridomil) es la única opción a la que se hace referencia en la bibliografía consultada (112).

3.6.2.5 *Rhizoctonia solani*

No se encontraron reportes de la ocurrencia de esta enfermedad en Argentina o Uruguay, pero sí en Brasil, donde ataques de este patógeno provocaron la muerte de plántulas en varias localidades (29). En Canadá (128) se producen epifitias esporádicas de este patógeno. Aunque se lo considera un hongo potencialmente peligroso y se ha expandido sostenidamente, no ha provocado hasta el momento problemas graves. Es difícil la ocurrencia de ataques de este hongo en los que no estén asociados *Fusarium* y *Phyitium*.

Existen dos tipos de sintomatologías causadas por este patógeno en canola. En el primer tipo, denominado "podrición de pie" (*foot rot*), los síntomas característicos son lesiones marrones, duras, claramente definidas en la base del tallo. Las manchas pueden presentar el borde negro y mostrar esporas rosadas durante períodos de humedad. Esto puede estar acompañado de una decoloración de la parte superior de la raíz principal. En casos de severidad en la infección, el tallo es estrangulado y la planta muere. Las pérdidas de producción de grano de la planta ocurren cuando la mitad o más de la circunferencia del tallo está afectada. Las mermas en el rendimiento del cultivo son menores cuanto más tarde en el ciclo ocurre el ataque (128). El segundo tipo de síntomas es el denominado "podrición marrón estrangulante de la raíz" (*brown girdling root rot*). Estos comienzan con la aparición de manchas claras marrones de márgenes irregulares, a 7-8 cm de profundidad, sobre la raíz principal o las laterales, durante o luego del comienzo de la floración. Estas lesiones se expanden posteriormente y pueden aparecer en cualquier lugar de la raíz principal. A medida que se desarrollan, se muestran hundidas y se vuelven de color marrón oscuro. Son capaces de expandirse por toda la raíz, pero nunca lo hacen sobre el tallo. En condiciones de humedad, la raíz puede llegar a ser destruída en su totalidad.

La parte aérea de la planta permanece turgente mientras haya alguna raíz que le suministre humedad del suelo. Algunas partes de la raíz principal que posean raíces secundarias pueden llegar a regenerar más raíces. La magnitud de las pérdidas de rendimiento dependerá de la cantidad de sistema radical perdido. En las condiciones de Canadá esta enfermedad ocurre con mayor frecuencia en chacras con antecedentes de canola o trébol. No obstante, la magnitud de los ataques resulta impredecible ya que se han reportado ataques de importancia en chacras en las que no habían crecido estos cultivos. Las mermas en el rendimiento ocurren como consecuencia del incremento en la esterilidad de las silicuas, pérdidas de peso de las semillas, semillas vanas y vuelco. El daño sobre el cultivo es mayor cuando existen condiciones de humedad en el suelo durante el principio de la floración, seguidas de calor y viento seco.

No existen alternativas de control químico de esta enfermedad. Algunas medidas de manejo pueden ayudar a controlar el patógeno. La especie *B. napus* es menos susceptible a la enfermedad que *B. rapa*, por lo que su utilización podría resultar conveniente. Durante la rotación, períodos de por lo menos tres años sin cultivar especies susceptibles controlando las malezas o plantas voluntarias que pudieran alojar al patógeno, reducen significativamente la cantidad de inóculo. Lograr plántulas vigorosas y en cantidades correctas pueden reducir la incidencia y severidad de la enfermedad (128).

3.6.2.6 Complejo de enfermedades de las plántulas

Asociaciones de *Rhizoctonia solani* con *Fusarium spp.*, *Phyitium*, *Phytophthora megasperma*, *Alternaria* y/o *Xanthomonas*, pueden causar *damping off* (29) o el síndrome de decaimiento de invierno (57), que provoca la muerte de las plántulas. Las condiciones de mucha humedad y frío son predisponentes para el ataque (29) (128) (138).

Los síntomas de estas enfermedades aparecen dentro de las cuatro semanas

luego de la siembra. El decaimiento de invierno provoca la muerte de la semilla, que se vuelve suave y pastosa. El *damping off* generalmente produce la muerte de la plántula antes de la emergencia. Puede ocurrir *damping off* luego de la emergencia. En este caso, la plántula parece normal pero la raíz muere o el hipocotile es estrangulado (figura 25). La muerte de la planta por esta razón puede ocurrir hasta el estado de cuarta hoja inclusive. En algunos casos, la muerte no ocurre y la planta crece con lesiones y el hongo infectándola, lo que

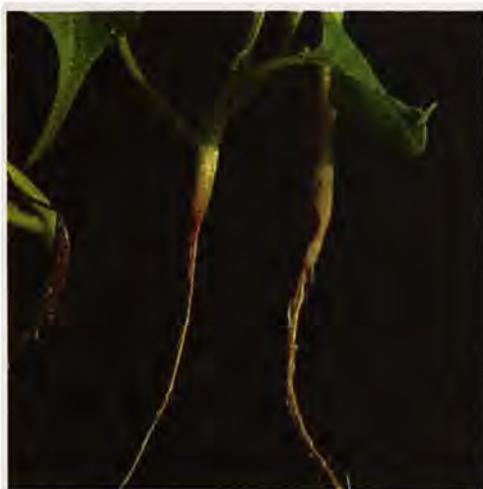


Figura 25. *Damping off* en plántula. Fotografía cortesía de BASF.

determina plantas poco vigorosas y de rendimientos pobres. En general, la humedad y las bajas temperaturas favorecen el ataque de *Phytium*, que afecta la raíz de las semillas. En suelos sueltos, secos y bien trabajados se ve favorecida *Rhizoctonia*, que es la responsable de afecciones en el hipocotile. En general, ninguna de las enfermedades antes descritas proviene de las semillas (128)

Estos patógenos se encuentran en el suelo desarrollando la enfermedad o en forma de estructuras de resistencia. Pueden producir daños importantes sobre todo si atacan a las plantas antes del estado de cuatro hojas. Luego de este momento el tallo se endurece, se vuelve más resistente al ataque y puede generar raíces a un ritmo

mayor que el de su destrucción. Las plantas vigorosas alcanzan este estado antes, reduciendo el período de susceptibilidad. Factores como bajas temperaturas, siembras muy profundas, deficiencias de nutrientes, excesos de fertilizante cerca de la semilla y semilla de poco vigor atrasan la emergencia y el crecimiento temprano de la plantas y, por tanto, aumentan los riesgos de daños. En general, el raleo de plantas por este motivo es compensado por las demás plantas. Por esta razón, a excepción de casos de mermas importantes en el establecimiento, es poco probable la ocurrencia de reducciones importantes en el rendimiento (112).

El tratamiento de semillas con fungicidas puede resultar beneficioso, pero los resultados son variables. El uso de *captan* (Captan, Sutan, Merpan) y *tiram* (TMTD, Basstosan, Pomarsol forte) protege la semilla, pero al no ser sistémicos, no protegen a la plántula. *Carbathiin* y *benomil* protegen a las plántulas de *Rhizoctonia* pero no de *Phytium*. Las mezclas de *carbathiin* con *tiram* con *benomil* mostraron ser, en las condiciones de Canadá, mejores que cualquiera de ellos aplicados individualmente (128). Otros autores (29), mencionan que tratamientos de semillas con *iprodione* y con *tolcofos metil* dateterminaron 90 % de control de *damping off*. Tratamientos en postemergencia con *iprodione* o con *ciproconazol* (Alto) lograron iguales niveles de control que los tratamientos antes mencionados. Otros tratamientos efectivos contra esta enfermedad son comunes a los utilizados contra *Leptosphaeria* de semilla (sección 3.6.2.3.)

4. COSECHA

4.1 Generalidades

La cosecha es una operación crítica en este cultivo, porque dadas las características de los frutos, las pérdidas de grano pueden ser de importante magnitud. Las dificultades se originan básicamente por la desuniformidad en la madurez de los granos (figura 26) y las silicuas (figura 27), la

dehiscencia natural de éstas (figura 28), la presencia de clorofila en el grano (figura 26) y la baja humedad requerida para el almacenaje (9 %).

El grado de madurez del grano es el factor que determina el momento óptimo de corte o cosecha directa. Cosechas muy tempranas tendrán una gran proporción de semillas inmaduras y alto contenido de clorofila y humedad, reduciéndose la calidad. Si se cosecha muy tarde, pueden sufrirse

pérdidas significativas por desgrane debido a dehiscencia natural y/o acción mecánica de la maquinaria de cosecha.

Estos factores, y los aspectos discutidos en el análisis de la fisiología del cultivo (sección 2.1.5), evidencian la diversidad de situaciones en que puede encontrarse el cultivo de canola al madurar. Por esta razón, se han desarrollado básicamente dos alternativas: la cosecha directa y la cosecha con hilerado previo.



Figura 26. Granos de un mismo racimo con diferente grado de madurez.



Figura 27. Gavilla de canola en la que puede apreciarse la heterogeneidad en el grado de madurez del material.



Figura 28. Racimos de diferente grado de madurez, pertenecientes a una misma planta. En uno de ellos pueden apreciarse silicuas ya abiertas.

4.2 Cosecha directa

En casos de maduración pareja y cultivos libres de malezas es posible cosechar directamente, lo cual permite minimizar costos y lograr aceptables niveles de pérdidas y calidad de granos (16) (107). El comienzo del período de cosecha está limitado por el nivel de humedad del grano, y su final por la dehiscencia de las silicuas en plantas demasiado maduras. Si bien puede comenzarse con 15 % de humedad en la semilla (107), los costos de reducirla desde este nivel hasta un 9 %, lo harían inconveniente. Niveles de 13 % o menores ya no presentarían este problema. En este caso, las semillas presentan un color oscuro y las silicuas son pardo claras (16) (64) (133). En caso de ocurrir un período de sequía o calor acentuado cuando el cultivo ya está prácticamente maduro, la semilla puede llegar a secarse rápidamente. Esta caída abrupta de la humedad puede dejar el grano listo para la cosecha, pero es probable que toda-

vía no haya logrado eliminar toda su clorofila, la que es considerada un contaminante en el aceite (128). En este caso, si se espera un tiempo antes de cosechar, el color verde de la clorofila residual irá desapareciendo y la semilla cosechada será de mayor calidad. Cosechar con más de 15 % de humedad o con semillas verdes también puede provocar este problema por las mismas razones (128).

Aunque la cosecha de canola no difiere mayormente de la de cualquier cereal, deben tenerse en cuenta ciertos aspectos importantes al momento de adaptar y regular la máquina. El cuidado de estos factores, a pesar de su bajo costo y sencillez, ha demostrado tener especial impacto en los resultados del cultivo (16).

Las plantas de canola se entrelazan entre sí y los separadores normales suelen arrancar las ramas unas de otras, produciendo desgrane. Cuchillas laterales verticales (figura 29), simples hojas afiladas adaptadas al separador (figura 30) y/o máquinas de plataforma ancha que separen la menor cantidad de veces posible, producirán menor desgrane por este motivo (16).

Las silicuas son muy sensibles a los golpes y sacudidas, pudiendo abrirse y dejar caer la semilla. Por esta razón el molineo puede producir pérdidas considerables. Mantenerlo lo más retraído y levantado posible y sacarle un aspa por medio, minimiza el golpeteo, que además se produce encima de la plataforma. Ello reduce el desgrane y permite recuperar buena parte de la semilla



Figura 29. Cuchilla lateral eléctrica, de fácil adaptación.

Figura 30. Cuchilla lateral de fabricación casera. A close-up photograph of a hand-made side blade, showing a dark, curved metal blade attached to a red metal frame.



que cae. Una velocidad tangencial igual o levemente inferior a la de avance de la cosechadora depositará el material suavemente sobre el sinfín sin agitarlo innecesariamente. Debido a la cantidad y disposición de las ramas, el material puede quedar enganchado en los dientes. Orientarlos lo más hacia adelante que sea posible puede evitar este problema (16) (128).

La sensibilidad de las silicuas a los golpes permite trabajar con bajas velocidades en el cilindro. Velocidades de 450 a 600 r.p.m. para los de menor diámetro, y de 600 a 700 para los cilindros mayores, permiten una buena trilla, a una aceptable velocidad y con bajo nivel de granos dañados (16) (128). Por la misma razón, aperturas del cóncavo de hasta 20 mm en la parte anterior y 10 mm en la posterior han demostrado ser las más convenientes en ensayos en Argentina (16), mientras que los fabricantes de maquinaria

recomiendan aperturas aún mayores (6). Esto permite una trilla relativamente rápida si se considera lo voluminoso del material que ingresa al mecanismo. Si el material está algo húmedo, las silicuas tendrán mayor elasticidad y algunas pueden no rom-

perse. Reducciones en ambas aperturas del cóncavo permitirán romper estas vainas sin aumentar la proporción de granos quebrados (16).

La apertura de zarandas y zarandones dependerá del tamaño promedio de las semillas y su variabilidad y de la presencia de semillas de malezas y cuerpos extraños. La acción de las zarandas separa casi toda la semilla. Por esto el ventilador no es tan importante como lo es en otros cultivos. Caudales mínimos de viento resultan suficientes porque sólo deben soplar la granza sin tirar semillas fuera de la máquina. (16).

Pueden ocurrir pérdidas de semillas que no se producen cosechando otros cultivos de grano más grande y menos corredizo que el de la canola, como trigo o cebada. Generalmente estas fugas se encuentran en la trampa de piedra y las tapas de inspección de los elevadores (6).

Las condiciones de trabajo antes expuestas determinan que la cosechadora no debe superar una velocidad de avance del orden del 75 al 50 % de la utilizada normalmente para trigo. Velocidades mayores pueden resultar en una trilla deficiente por una excesiva cantidad de material entrante y posiblemente tiendan a atorar la máquina (107).

4.3 Cosecha con corte e hilerado previo

La principal característica de este método es que, al cortar la planta verde (figura 31), disminuyen las pérdidas por dehiscencia, emparejando y adelantando la maduración. Por esta razón, es clara la ventaja de esta modalidad con respecto a la cosecha directa para el caso de cultivares que desgranar mucho, son desperejos y/o tienen problemas de malezas que puedan dificultar el trabajo (128).

En Uruguay se ha cultivado solamente la especie *B. napus*, que es la de mayor potencial de producción, y también la de mayor desgrane. Mediciones de pérdidas por dehiscencia antes de cosecha en nuestro país registraron niveles de entre un 5 y 50 % (22) (108). Esta es la razón principal por la que la cosecha indirecta aparece como la alternativa más ventajosa en la generalidad de las situaciones locales. A ello se suma el hecho de que en nuestro país, dada la heterogeneidad de las chacras originada en el relieve ondulado, la maduración del cultivo tiende a ser despereja (figura 32).



Figura 31. Canola cortada en su momento óptimo.

El momento de corte es el factor de mayor incidencia en el éxito de este método, el cual está determinado por el grado de madurez de las semillas y su homogeneidad en el conjunto del cultivo. Considerando las semillas individualmente, existe un punto en el que dejan de recibir fotosintatos, alcanzan un máximo peso seco y comienzan a deshidratarse. Este momento corresponde a su madurez fisiológica. En este estado, su contenido de humedad es de entre 35 y 40 %, y la semilla se ve completamente llena y de color verde. Un corte antes de este momento determinaría una merma en el peso seco final de las semillas con respecto al peso que lograrían madurando en la planta. Un corte en ese momento o después acelera la maduración sin afectar el peso final. A partir del corte comienza a secarse a un ritmo aproximado de 2 a 3 % diario y va virando gradualmente del verde al amarillo suave o amarronado, según el cultivar de que se trate (107). El color del grano es un buen indicador del contenido de humedad. El color del cultivo, en cambio, no es un indicador tan preciso; cultivos con un mismo color pueden tener el grano con distinto grado de madurez.

En base a lo antes mencionado, existe un método para identificar el momento óptimo de corte (128). Este establece que deben observarse solamente los granos del

racimo principal. Cuando 30 a 40 % de éstos ha comenzado a cambiar de color (figura 7) es de esperar que que la humedad del total de los granos del cultivo se ubique entre 30 y 35 %. Para facilitar esta evaluación conviene dividir el racimo antes mencionado en tres secciones horizontales. En el tercio inferior (figura 33 zona c) todas las semillas deben estar amarillas o marrón oscuro. En el tercio mediano (figura 33 zona b) deben estar verdes en un 90 %, y el 10 % restante cambiando el color. En el tercio superior (figura 33 zona a) deben estar todas verdes, pero firmes al apretarlas con los dedos.

Bajo las condiciones de Canadá, el momento óptimo de corte según el criterio antes mencionado dura dos días aproximadamente. Tampoco existen diferencias importantes en rendimiento y contenido de aceite del grano si el corte se adelanta hasta el momento en el que 20 a 30 % de la semilla cambió de color (18). Por esto, retrasos en el corte resultan más perjudiciales que adelantos con respecto al momento óptimo. En el primer caso, los niveles de desgrane y en gran medida los riesgos de pérdidas significativas aumentan. En el segundo caso las pérdidas por semillas inmaduras pueden aumentar, pero hasta un nivel previsible. Paralelamente se reducen las pérdidas por desgrane y los riesgos de magnitud desconocida que apareja una cosecha tardía.

Figura 32. Chacra de canola en Omبúes de Lavalle. Puede apreciarse la madurez más avanzada de las zonas altas.



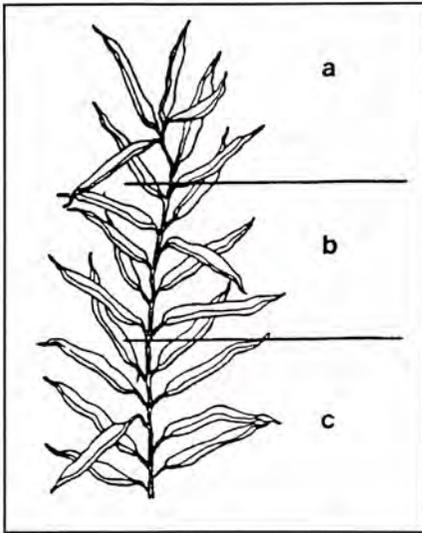


Figura 33. Secciones del racimo principal. Adaptado de (128).

En el caso de cultivos que, por tener bajas poblaciones tienen más racimos y silicuas por planta, se amplía el período de maduración. En cultivos con mayores poblaciones sucede lo contrario. En la primera situación, si se espera hasta el límite máximo recomendado de cambio de color de semilla, se aumentará el riesgo de desgrane, pero el incremento en la cantidad de semillas logradas y el decremento en la cantidad de semillas inmaduras será proporcionalmente más ventajoso. De la misma manera, *B. napus*, que tiene un período de maduración más concentrado y estrecho que *B. rapa*, puede ser cortada un poco más temprano (15 % de las semillas del racimo principal cambiando de color), con pocas pérdidas por semillas inmaduras (128).

Cuando ocurren emergencias desaparejas, habrá en general dos camadas de maduración. La proporción y la magnitud de la diferencia entre camadas en el total del cultivo es el principal factor determinante del momento de corte. Este factor también interactúa con otros aspectos importantes como disponibilidad de maquinaria y tiempo, rendimiento esperado, malezas y condiciones meteorológicas. En caso de que el tamaño de la segunda camada justifique que se la espere, debe encontrarse el punto

de equilibrio entre la pérdida de granos por dehiscencia en plantas de la primera emergencia y la inmadurez de los de las plantas de la segunda emergencia. En general este punto se encuentra en el momento en que comienzan a cambiar de color los granos de la base del racimo principal de las plantas de la última camada (128).

Si el corte se demora excesivamente (por ejemplo, se llega a una situación con más de 80 % de semillas con color cambiado), es de esperar la ocurrencia de pérdidas significativas por dehiscencia al cortar. En estas condiciones es conveniente cortar en los momentos en los que el cultivo tiene más humedad, porque es cuando el material presenta mayor elasticidad. Esta condición se presenta en general luego de una lluvia, en la noche, o temprano en la mañana.

La uniformidad en la cantidad de material a lo largo de la gavilla formada, tiene especial importancia en el trabajo de trilla, porque es determinante de una alimentación pareja y continua de la máquina. Por esto, la velocidad de avance más conveniente para el corte es aquella que haciendo el trabajo lo más rápido posible, deposita el material de manera suave y uniforme (128).

La altura de corte ideal debería encontrarse en el punto de inserción de las silicuas más bajas. De esta manera, se logra introducir al mecanismo de trilla la menor cantidad posible de material; los tallos en pie mantienen la gavilla despejada del suelo, a la vez que permiten su ventilación y fijan el material contra el viento (figura 34). El anclaje de la gavilla puede mejorarse con la utilización de rodillos, que teniendo cierto despeje del suelo, pasan por encima del material y lo incrustan entre los tallos en pie (figura 31) (128). También se ha utilizado con éxito rodillos construidos con tambores de 200 L conteniendo algún peso adicional. En caso de que la gavilla se aproxime demasiado al suelo, además de dificultarse su recolección, estará menos ventilada y en forma más desapareja, por lo que habrá una maduración más tardía y desuniforme (16). En general, se necesitan entre una y dos semanas para que la hilera esté lista para cosechar. Este período puede variar mucho se-

Figura 34. Gavilla de canola sobre tallos remanentes en pie.



gún las condiciones ambientales, y la densidad y compactación del material.

En cosechas con engavillado previo, difícilmente ocurran problemas de granos verdes. Esto se debe a que la semilla se va secando gradualmente a un ritmo que permite la eliminación de la clorofila. Al igual que en la cosecha directa, los granos con clorofila pueden ser un problema si se cosecha antes de que todos los granos hayan cambiado de color (128).

Para lograr una buena trilla es importante mantener un flujo constante de entrada de material al cilindro durante la recolección. Esto se logra sincronizando la velocidad del recolector con la del avance de la máquina, de manera de no empujar ni tirar de la hilera, mientras el material va siendo depositado suavemente en la plataforma. En lo que respecta al mecanismo de trilla, las condiciones para cosecha en hileras no cambian mayormente con respecto a las de cosecha directa. En general, ambas situaciones presentan los mismos problemas y soluciones.

4.4 Utilización de desecantes y otros productos

La aplicación de desecantes es una alternativa útil en situaciones de cultivos deparejos, con malezas, o muy dehiscen-

tes, que posibilita y/u optimiza en algunos casos, la cosecha directa. Este método consiste en matar las plantas en estado de madurez fisiológica. De esta forma se puede adelantar la cosecha en seis a ocho días, según las condiciones meteorológicas (16); lo que aleja la operación de días más calientes y secos que pueden producir más desgrane y tiene evidentes ventajas en la secuencia del sistema de rotaciones. Ocurre paralelamente un emparejamiento de la maduración entre plantas y entre racimos dentro de cada planta, lo que disminuye las pérdidas por dehiscencia y la cantidad de semillas inmaduras (128). En caso de que hubiese malezas, éstas morirían con la aplicación y no serían un problema tan grave. Se llega entonces a cosecha con un cultivo uniformemente maduro y libre de malezas, lo que permite una operación rápida y con mínimas pérdidas.

Los productos utilizados para este fin pueden ser los herbicidas de contacto *diquat* y *paraquat*; los sistémicos *glifosato* y *sulfosato*; y el *glufosinato de amonio*, que es de contacto con cierta acción sistémica. La actividad de los de contacto será más rápida en general que la de los sistémicos, y dependerá básicamente de la cobertura de la planta que se logre. Los sistémicos por su parte, actuarán más rápidamente cuanto mayor sea la activi-

dad fotosintética de la planta. Por esto, el tiempo entre la aplicación y la cosecha será mayor y más variable en los sistémicos que en los de contacto. Por otra parte, *glifosato* y *sulfosato* presentan la ventaja de controlar (a la dosis necesaria) malezas perennes (76). El momento más indicado para la aplicación de un desecante sería el mismo que el correspondiente al corte para hilerado (128).

En Canadá está disponible comercialmente un sellador de silicuas (*Spodnam*). Este tiene la particularidad de impedir la dehiscencia de las mismas reduciendo el desgrane. Su costo aproximado en ese país es de U\$ 20/ha.

4.5 Evaluación de las pérdidas en la cosecha

Las pérdidas en la cosecha son una de las causas más importantes de mermas en los rendimientos en canola. En general, un correcto ajuste de las variables que determinan estas pérdidas reduce las mismas a niveles aceptables (16) (108). Decidir a tiempo si se cosechará directamente o hilerando, si se utilizarán desecantes o no, y regular correctamente las herramientas puede ser determinante de una buena o mala productividad.

Antes de la entrada de la máquina, una parte de las semillas ya pueden haber caído por dehiscencia natural o vuelco, y no pueden ser cosechadas. Estas pérdidas en precosecha son frecuentes en canola y deben ser tenidas en cuenta al momento de regular la hileradora y/o la cosechadora. En chacras del Dpto. de Colonia (Daniel Alves, comunicación personal), se ha medido pérdidas por desgrane antes de la cosecha de entre 5 y 50 %, mientras que en ensayos en INIA La Estanzuela se encontraron pérdidas de 0 a 25 % (Díaz y Martino, sin publicar).

Una vez estimadas las pérdidas precosecha puede trabajarse sobre la regulación de la cosechadora. En cosecha directa, la plataforma produce normalmente el 80 % de las pérdidas, mientras que el mecanismo de trilla produce el resto. En caso de cosecha hilerada, el mecanismo recolector produce

la mayor parte de las pérdidas. Las pérdidas en el mecanismo de trilla son pequeñas, en general, en ambas modalidades de cosecha (16).

Para los tamaños promedio de las semillas de canola, una pérdida de 100 kg/ha equivaldría a unos 2.500 granos/m². En cosecha directa en Argentina, se consideran aceptables pérdidas de hasta 6 % (16). En Canadá, en cosechas con hilerado se consideran aceptables pérdidas máximas de 3% (128). Los niveles de pérdidas aceptables varían con las condiciones del cultivo, maquinaria utilizada, precio del grano y tiempo disponible, por lo que los valores antes mencionados sólo pueden servir de referencia.

4.6 Manejo post cosecha

El grano de canola, como cualquier semilla, sigue respirando una vez almacenado. Normalmente la respiración es relativamente alta al principio del almacenamiento y se va reduciendo hasta hacerse mínima alrededor de la sexta semana, cuando entra en dormancia. Esto crea condiciones de inestabilidad y determina que en esas primeras seis semanas, el almacenaje necesite ser controlado con más frecuencia que posteriormente. Este proceso depende de la temperatura y humedad. Incrementos en la temperatura del grano provocarán aumentos exponenciales en su tasa de respiración y en la de los microorganismos. A su vez, los incrementos en la tasa de respiración provocan aumentos en la temperatura. De esta manera comienza el deterioro del grano mal almacenado. Niveles de humedad menores a 9 % y de temperatura menores a 20°C impiden el desarrollo del proceso antes mencionado y permiten un almacenaje relativamente seguro. Los niveles de seguridad de diferentes combinaciones de temperatura y humedad, son detallados en la figura 35 (128).

Existen algunas diferencias importantes en el manejo de la humedad y temperatura de los granos de este cultivo con respecto al manejo de los otros cereales de invierno. La fracción lipídica de la semilla de canola es

menos higroscópica que la fibra o almidón de los cereales. Por esto, el punto de equilibrio de humedad entre la semilla de canola y el ambiente es relativamente bajo y este tipo de grano debe conservarse a menores niveles de humedad que otros cereales. Niveles similares de humedad relativa ambiente determinan excesos de humedad en el grano de esta oleaginosa, cuando todavía no son importantes para el grano de un cereal. Semillas de canola con 9 % de humedad, están en equilibrio con el ambiente cuando la humedad relativa ambiente es de aproximadamente 75 % (128). Este punto de equilibrio es más difícil de alcanzar en granos de reducido tamaño, porque éstos forman una masa bastante compacta con dificultades para el intercambio gaseoso con el exterior (128).

Otros factores pueden incentivar incrementos de temperatura y/o humedad del material almacenado. Semillas de malezas u otros cereales, semillas verdes de canola y trozos de vainas o tallos, pueden incrementar la humedad y generar calor. Las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior del silo pueden producir migraciones de aire húmedo dentro de éste. Altas temperaturas en el exterior provocan el ascenso del aire caliente cercano a la pared, éste circula descendiendo por el centro del silo hasta el fondo, donde la temperatura es menor y ocurre una condensación de hume-

dad, creándose un núcleo de grano más húmedo en la parte central inferior del silo. Cuando, por el contrario, las temperaturas exteriores son bajas, el aire próximo a las paredes baja y sube por el centro, creándose la zona de condensación en la parte central superior del silo. Estos núcleos de humedad, pueden generar dificultades en el almacenaje o bien pueden mantenerse como tales sin causar mayores problemas. De cualquier manera, resulta importante tenerlos en cuenta al tomar muestras de grano para controlar las condiciones de almacenaje (128).

5 LA CANOLA EN LOS SISTEMAS DE ROTACIONES

5.1 Generalidades

La mayor parte de de la investigación realizada sobre este tema está referida a sistemas de rotaciones de un solo cultivo por año y proviene de Canadá, Reino Unido y Australia. Estos reportes coinciden en reconocer una serie de efectos que producen un aumento en los rendimientos del trigo en las chacras que tuvieron cultivos del género *Brassica* como antecesor, con respecto a aquellas que tuvieron trigo u otro cultivo (15) (51) (53) (70) (71) (72) (122)

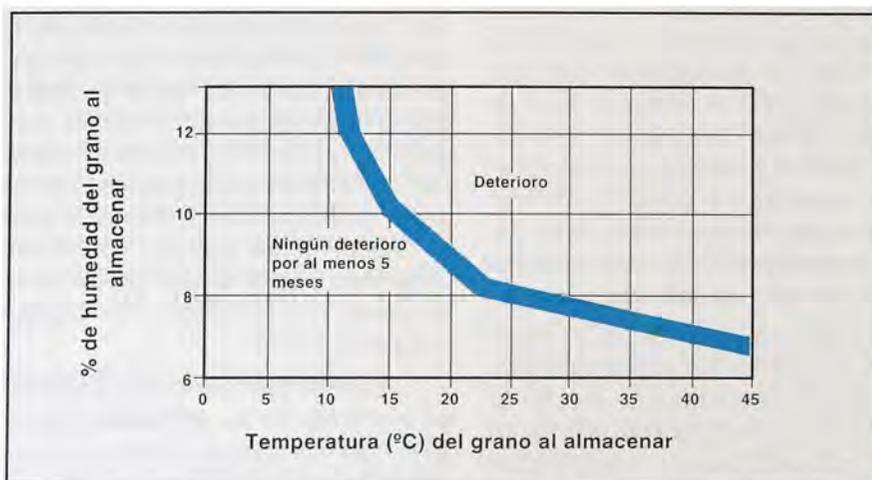


Figura 35. Estabilidad del grano de canola almacenado según temperatura y humedad del mismo. Adaptado de (128).

(124). Este efecto es denominado de "quiebre" (break). La magnitud del fenómeno de quiebre fue una de las principales determinantes de la amplia adopción del cultivo de colza en el Reino Unido (122) y en el cinturón triguero del sur de Australia (4). Las referencias a los incrementos en el rendimiento de trigo debidos al cultivo de quiebre, con respecto a los rendimientos de la secuencia trigo-trigo, mencionan aumentos de 8% (15), 15 a 26% (70), 30% (71), 24 a 31% (124) y de 630 kg/ha en el primer cultivo posterior y de 270 kg/ha en cada uno de los dos siguientes (53). En trabajos sobre secuencias de trigo con canola y de trigo solo (4) (70) (124), se encontró que la inclusión de la oleaginosa produjo una serie de efectos sobre el trigo. Se observó un crecimiento más vigoroso de las plántulas, una mayor absorción relativa de N del suelo a disponibilidades comparables, menor respuesta a fertilización nitrogenada con mayores rendimientos, mayor cantidad de espigas por unidad de superficie y más granos por espiga, aunque un menor peso individual de cada grano. La imposibilidad de lograr un incremento similar en el rendimiento mediante la aplicación de fertilizantes, control de patógenos del suelo y/u otras medidas que se sospeche que solas o en conjunto sean las causas de los incrementos, indica que este fenómeno no estaría explicado por uno, sino por varios factores y sus interacciones y sugiere también que muchos de estos factores pueden no haber sido identificados todavía (15) (70) (124). Otros autores (3) mencionan que el efecto de quiebre también se manifiesta sobre el cultivo de cebada.

El cultivo de canola en nuestro país, cumple un ciclo de emergencia a madurez de entre 130 y 170 días. Lo que significa que sembrando en mayo estaría cosechado a mediados de noviembre. Esto re-

presenta una ventaja comparativa importante, aún cuando se desee postergar la siembra del cultivo de segunda con el fin de evitar su floración en enero.

La canola puede ser utilizada como forraje para ser consumido por pastoreo directo o cortado y suministrado. También es posible elaborar silos de este cultivo. Los cultivares utilizados con este fin son en general forrajeros, aunque existen posibilidades de utilización de cultivares para grano. El cuadro 13 muestra las principales características nutricionales de la planta de canola.

La torta remanente del prensado (cuadro 14) constituye un excelente suplemento proteico para el ganado. La cantidad de fibra debida a la cáscara, determina que el nivel de energía metabólica de esta harina, aunque significativo, sea relativamente bajo. Posee además un buen balance de aminoácidos esenciales, conteniendo me-

Cuadro 13. Valor nutricional del forraje fresco de canola y de diferentes especies (base seca). Adaptado de (26) y (97).

Especie	M.O.D. (%)	P.C. (%)	Ceniza (%)
Canola	68	22	---
Achicoria	73	12	7
Raigrás	70	13	38
Avena	77	18	15

Cuadro 14. Valor nutricional de la harina de grano de diferentes especies (base seca) . Adaptado de (26) y (97).

Especie	M.O.D (%)	PC (%)	Ceniza (%)
Canola	69	40	7
Algodón	78	44	7
Maíz	90	10	2
Soja	91	48	7
Sorgo	67	9	11
Cebada	86	11	4

nos lisina que la harina de soja, pero más metionina y cisteína. Los niveles de P, Ca, Mg, Mn, y Se son relativamente altos y mejores que los de la harina de soja.

Con respecto a la producción apícola, la canola presenta ciertas características favorables para la misma. Produce grandes cantidades de polen y néctar (82). Su floración puede durar hasta cuatro semanas y ocurre en una época en la que no existen muchas opciones para las abejas. A lo antes mencionado, se suma el hecho de que hasta el momento no ha habido necesidad de combatir insectos.

5.2 Efectos sobre patógenos

Uno de los principales aspectos sobre los que está basado el efecto quiebre se relaciona con la incidencia de este cultivo sobre determinados patógenos. Trabajos (71) comparando una secuencia de cultivos de trigo sobre trigo con otra que incluía un año de canola, encontraron incrementos relativos en el rendimiento de trigo de 30 % en el primer año después de canola y del 12 % en el segundo. Estas diferencias sólo ocurrieron en ensayos donde hubo problemas sanitarios en el trigo, por lo que fueron relacionadas a un posible efecto sobre la sanidad del cultivo. Otros trabajos (124) sobre secuencias similares, dan cuenta de una menor incidencia de pietín (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), mancha de la hoja causada por fusarium (*Gerlachia nivalis*, sin. *Fusarium nivale*, est. perf. *Calonectria nivalis*) y de la podredumbre de la raíz y corona (*Fusarium culmorum*), en trigo luego de canola, sin establecer las causas.

Las evidencias aportadas por otras investigaciones sugieren que los efectos de la canola sobre algunos hongos estarían basados fundamentalmente en dos aspectos. El primero es la disminución de la cantidad de inóculo presente en la chacra a sembrar, como consecuencia del reemplazo del cultivo susceptible por canola (3) (70). El segundo aspecto es la ocurrencia de efectos supresivos de ciertos compuestos liberados a partir de tejidos de plantas de canola,

sobre ciertos patógenos. Varios ensayos muestran evidencias claras a este respecto. En dos experimentos, se observó que la presencia de tejidos de raíz de canola (*B. napus*) (3) (125) y de mostaza de la India (*B. juncea*) (3) inhibían el crecimiento de cultivos puros del hongo causante del pietín en trigo. Se determinó que éstos eran compuestos volátiles, producidos a partir de la descomposición de tejidos de raíces de estas crucíferas y se los identificó como isotiocianatos. Investigaciones australianas (72) pudieron determinar que estos compuestos, además de afectar el pietín del trigo, eran capaces de suprimir el crecimiento del hongo causante de la fusariosis de la espiga y pudrición de la raíz en trigo (*Fusarium graminearum*, est. perf. *Giberella zaeae*) y del responsable de la punta negra del grano en trigo, la mancha borrosa y pudrición de raíz y corona de la cebada (*Bipolaris sorokiniana*, sin.: *Helminthosporium sativum*; est. perf. *Cochliobolus sativus*). En este caso, el último hongo mencionado se mostró menos sensible que los demás.

Otros experimentos en el mismo país (84) evidenciaron que el contenido de glucosinolatos en las plantas de canola y nabo forrajero determinaban en gran medida la cantidad potencial de isotiocianatos liberados, la que era proporcional al efecto fungicida de los residuos del cultivo. Lo antes mencionado explica los resultados de otras investigaciones (70), en las que los incrementos en el rendimiento de trigo producidos por efecto del cultivo anterior de mostaza de la India eran mayores que los producidos por canola y éstos mayores que los producidos cuando el cultivo anterior fue trigo. También explica lo observado en otros ensayos (3), en los que colonias del hongo que causa el pietín resultaban más afectados por compuestos provenientes de *B. juncea* que los extractados de *B. rapa*. Por este motivo, en Australia se está trabajando actualmente en selección de líneas con altos niveles de glucosinolatos con el objetivo de lograr el control biológico de ciertos patógenos (84). Otros patógenos que se han señalado como sensibles a estos compuestos son *Rhizoctonia solani* y *Pythium irregulare* (3)

(70). Algunos autores indican que los isotiocianatos, además de inhibir el crecimiento de ciertos hongos, pueden afectar negativamente otras formas de actividad biológica en el suelo. Estos sostienen que restos de plantas del género *Brassica* llegan a controlar nematodos (3) (70), larvas de cierto tipo de gorgojo (84), gusano de alambre (70) y se sugiere además que la resistencia de este tipo de plantas a infecciones de micorrizas se debería a la acción de los compuestos en cuestión (3).

5.2.1 Hongos saprófitos

En el caso de nuestro país, un cultivo de canola en el invierno supone el reemplazo de algunos de los cultivos tradicionales de gramíneas. Esto implica una posible distorsión de alguna fase de los ciclos anuales de ciertos patógenos. Muchos hongos, por ser saprófitos facultativos o generar estructuras de resistencia, tienen la capacidad de sobrevivir en restos del cultivo atacado, constituyendo así la fuente de inóculo más importante para el siguiente año. Este mecanismo es responsable de la mayor incidencia de ciertas enfermedades en sistemas de siembra directa con respecto a sistemas con laboreo. En nuestras condiciones, el rastrojo como lugar de supervivencia y fuente de inóculo puede ser importante para el caso de la septoriosis (*Septoria tritici*, est. perf. *Mycosphaerella graminicola*), la mancha parda del trigo (*Drechslera tritici repentis*, sin.: *Helminthosporium tritici-repentis*), el oídio en trigo y cebada (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*; sin.: *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* y *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*; sin.: *Erysiphe graminis* f.sp. *horedei*, respectivamente) la mancha en red de la cebada (*Drechslera teres*, sin.: *Helminthosporium teres*), la escaladura de la cebada (*Rhynchosporium secalis*), la mancha borrosa de la cebada y el pietín. Aunque menos importante por existir otros mecanismos eficientes de diseminación o por tener poca incidencia económica, el rastrojo de cultivos susceptibles puede ser también fuente de inóculo de la mancha de la hoja causada por fusarium (*Gerlachia nivalis*, sin. *Fusarium nivale*, est. perf.), de la estría bacteriana (*Xantomonas campestris*), del tizón bacteriano de la hoja (*Pseu-*

domonas syringae), de la fusariosis (*Fusarium graminearum*, est. perf. *Giberella zeae*) y de la punta negra del grano (*Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp.) (31) (32) (33) (40) (74) (105) (123).

Lo antes mencionado sugiere que la sustitución de gramíneas por canola en algún momento de la rotación podría disminuir la cantidad de inóculo de algunos patógenos en la chacra, lo que se espera pueda reducir la incidencia de ciertas enfermedades, principalmente *Septoria tritici*, *Drechslera tritici repentis*, *Drechslera teres* y *Bipolaris sorokiniana*.

5.2.2 Sclerotinia y Rhizoctonia

La susceptibilidad de la canola a *Sclerotinia sclerotiorum* y *Rhizoctonia solani*, plantea una forma de continuidad de estos hongos a lo largo del año. Esto podría representar cierto riesgo para la soja, la que es susceptible a ambos patógenos (1) (79) (103), aunque no es clara la posible incidencia del cultivo de canola en este sentido.

En referencia a la primera enfermedad mencionada, investigadores de nuestro país (103) señalan que los rastrojos de cultivos donde se desarrolló la enfermedad son una importante fuente de inóculo y que éste puede verse reducido por un laboreo superficial. También mencionan que la presencia de crucíferas en la chacra tiende a aumentar la cantidad de esclerotos en el suelo. Esto sugiere la posibilidad de que en situaciones de siembra directa, la presencia de estas estructuras de diseminación provenientes de un cultivo anterior de canola que eventualmente hubiese desarrollado la epifitía, podría llegar a influir positivamente en el desarrollo de la enfermedad sobre un cultivo de girasol en ese lugar. Si bien lo anterior es cierto, la incidencia de *Sclerotinia* en girasol depende poco de la cantidad de inóculo presente y mucho de las condiciones climáticas predisponentes. Esto se debe a la longevidad de los esclerotos (cuatro a ocho años) y la capacidad de los apotecios (estructuras sexuales) de producir esporas que se diseminan con facilidad entre diferentes regiones. Por este motivo, el incremento que produciría la canola en

las posibilidades de desarrollo de esta enfermedad en girasol sería de escasa importancia (Silvina Stewart, comunicación personal).

En el caso de Canadá (128), los riesgos sanitarios determinan que se desaconseje el cultivo de canola luego de girasol o canola luego de canola, sin haber transcurrido un período mínimo de tres años. También recomiendan un lapso de dos años entre canola y soja o alfalfa, y de un año entre canola y trébol rojo. Debe acotarse que la mayoría de la canola de ese país se cultiva en el verano, época más propicia para el desarrollo de estas enfermedades que el invierno en Uruguay. Esto supondría en nuestro caso menores riesgos a este respecto.

5.3 Efectos sobre malezas

Es destacable el hecho de que un cultivo como la canola en el invierno ofrece la posibilidad de controlar eventuales enmalezamientos de gramíneas con graminicidas comunes. Esto constituye una opción más barata y eficaz que los herbicidas selectivos recomendados para este fin en los cultivos tradicionales de invierno.

5.4 La canola como maleza

La cantidad de semillas de canola que quedan en el suelo luego de la cosecha es importante. Existe el riesgo de que éstas se conviertan en un problema de enmalezamiento para los cultivos subsiguientes. A este respecto, resulta importante la diferencia entre la canola de la especie *B. rapa*, cuyas semillas pueden desarrollar dormancia y la canola de la especie *B. napus*, cuyas semillas no entran en dormancia (128). Esto significa que en el caso de la segunda especie es posible el control de la mayor parte del banco de semillas en una sola oportunidad, mientras que la primera puede presentar emergencias escalonadas dentro o entre años.

También es importante el hecho de que la remoción del suelo puede inducir la germinación de las semillas de canola. Esto posibilita provocar o prevenir las emergen-

cias, lo cual puede resultar útil para optimizar el control. En el caso de esperarse enmalezamientos de este tipo en cultivos de verano, existen varias opciones si se trata de maíz y soja. Para el caso particular del girasol, el espectro de posibilidades de control es menor. Si se espera en este cultivo una emergencia de semillas de canola, su control mediante el uso de herbicidas de presiembra o preemergencia constituye una opción segura y eficaz. En caso de necesitarse controles en postemergencia, la única opción en la actualidad la constituye el herbicida *aclonifen* (no registrado comercialmente en nuestro país) (17).

5.5 Otros efectos

En ensayos basados en secuencias de cuatro cultivos sucesivos, una exclusivamente de trigo y la otra de trigo alternado con canola, se evaluaron posibles efectos sobre determinadas propiedades físicas del suelo. Al cabo de cuatro cultivos se encontró que el suelo que tuvo canola tenía mejor estructura, mayor macroporosidad y ofrecía menor resistencia a la penetración. Estas diferencias se mantuvieron hasta una profundidad de 0,18 m (27).

En investigaciones sobre el posible efecto fitotóxico de rastrojos de varios cultivos (109), se pudo determinar que si bien los restos de cultivos que no comenzaron a degradarse tienen en general acción fitotóxica sobre plántulas de trigo, luego de un período de descomposición, muchos de los diferentes rastrojos tenían efectos estimulantes sobre la emergencia y el crecimiento de plantas de este cereal. Dentro de las cinco especies evaluadas, los restos de canola mostraron el mayor estímulo sobre el trigo, lo que ha sido tomado por otros autores (70) como parte de la explicación del efecto de quiebre.

El rastrojo remanente del cultivo de canola es de fácil manejo. Se compone de hojas que en su mayoría están descompuestas o descomponiéndose al momento de la cosecha, paredes de silicuas y restos de tallos. El tamaño de los trozos de los restos vegetales es pequeño y son rápidamente degradables. Por otro lado, inmóvil-



Figura 36. Sorgo sembrado sobre rastrojo de canola enseguida de la cosecha.

zan muy poco N mineral durante su descomposición debido a su muy baja relación C/N (figura 36) (128)

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de las siguientes personas: Juan Aguirre, Daniel Alves, Stella Benedetto, Alejandra Díaz, Adriana García Lamothe, Agustín Giménez, Alfredo Mandl, Alejandro Morón, Ernesto Ramallo, Silvina Stewart, Amado Vergara y Graciela Vila. También se agradece el material gráfico cedido por los Sres. Nei Lucio Domiciano y V.H. Paul, y la empresa BASF.

BIBLIOGRAFIA

1. ALMEIDA, A.M.R.; MONDARDO, A.; DEPRSSCH, R.; LAFFRANCHI, J.H. 1981. Importancia de especies vegetais de inverno, utilizadas em adubação verde, como possíveis hospedeiras de patógenos da soja. *Fitopatología Brasileira*, 6:109-113.
2. ANDREWS, C.J.; MORRISON, M.J. 1992. Freezing and Ice Tolerance Tests for Winter Brassica. *Agronomy Journal* 84:960-962.
3. ANGUS, J.F.; GARDNER, P.A.; KIRKEGAARD, J.A.; DESMARCHELIER, J.M. 1994. Biofumigation: Isothiocyanates released from *Brassica* roots inhibit growth of take-all fungus. *Plant and Soil* 162:107-112.
4. ANGUS, J.F.; VAN HERWAARDEN, A.F.; HOWE, G.N. 1991. Productivity and break crop effects of winter-growing oilseeds. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31:669-677.
5. ARMSTRONG, E.L.; NICOL, H.I. 1991. Reducing height and lodging in rapeseed with growth regulators. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31:245-250.

- 6. AUGSBURGER, H.K.M.** 1991. Aspectos técnicos a considerar en la cosecha de colza. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación No.16. 15p.
- 7. AUGSBURGER, H.K.M.** 1998. Maquinaria para siembra directa en los sistemas agrícola-ganaderos. INIA La Estanzuela. Serie técnica No.99. 89p.
- 8. ASARE, E.; SCARISBRICK, D.H.** 1995. Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus*, L.). *Field Crops Research* 44:41-46.
- 9. BASAIL, J.** 1992. Fertilización en colza. *In* Carpeta de economía agrícola No.58. INTA E.E.A. Pergamino. Pergamino, Argentina.
- 10. BASAIL, J.; VENTIMIGLIA, L.; NOLI, A.** 1993. Colza: segundo año de fertilización. *In* Carpeta de economía agrícola No.65. INTA E.E.A. Pergamino. Pergamino, Argentina.
- 11. BEVERSDORF, W.D.; HUME, D.J.; DONNELLY-VANDERLOO, M.J.** 1988. Agronomic performance of triazine-resistant and susceptible reciprocal spring canola hybrids. *Crop Science* 28:932-934.
- 12. BLACKSHAW, R.B.** 1989. Synergistic Mixes of DPX-A7881 and Clorpyralid in Canola (*Brassica napus*). *Weed Technology* 3:690-695.
- 13. BLACKSHAW, R.B.** 1989. Control of *Cruciferae* Weeds in Canola (*Brassica napus*) with DPX-A7881. *Weed Science* 37:706-711.
- 14. BOLLAND, M.D.A.** 1997. Comparative phosphorus requirement of canola and wheat. *Journal of Plant Nutrition* 20:813-829.
- 15. BOURGEOISE, L.; ENTZ, M.** 1996. Influence of previous crop type on yield of spring wheat: Analysis of commercial field data. *Canadian Journal of Plant Science* 76:457-459.
- 16. BRAGACHINI, M.; CARRIZO, R.; BONETTO, L.** 1991. Cosecha de Colza. *In* Cuaderno de actualización técnica No.8. INTA. E.E.A. Manfredi. Manfredi, Argentina.
- 17. CAMARA DE SANIDAD AGROPECUARIA Y FERTILIZANTES.** 1997. Guía de productos fitosanitarios. CASAFE. Buenos Aires.
- 18. CANOLA COUNCIL OF CANADA.** 1995. Canola Production Centre, Five-Year Summary 1990-94. Canola Council of Canada. Winnipeg. 39 p.
- 19. CANULLO, G.H.; PASCALE, N.C.** 1985. Exigencia en frío de dos cultivares de colza invernal. *In* Oleico 1985. No.30. INTA. E.E.A. Manfredi. Manfredi, Argentina.
- 20. CASANOVA, O.** 1996. Potasio: consideraciones sobre su situación en Uruguay. *In* Manejo y fertilidad de suelos. Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. (ed.). INIA La Estanzuela. Serie Técnica No 76.
- 21. CASELA, C.R.** 1980. Fungos asociados a cultura da colza na regio sul do Rio Grando do Sul. *In* pesquisa em andamento. No.23. EMBRAPA. Pelotas, Brasil.
- 22. CASTIGLIONI, E.** 1987. Adaptación del cultivo de colza en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Uruguay. 147 p.
- 23. CERETTA, S.; CASTRO, M.; VILARO, D.** 1993. Evaluación de cultivares de colza zafrá 1992-1993. INIA La Estanzuela. Informe interno.
- 24. CLARKE, J.M.; McCRAIG, T.M.** 1982. Leaf diffusive resistance, surface temperature, osmotic potential and $^{14}\text{CO}_2$ assimilation capability as indicators of drought intensity in rape. *Canadian Journal of Plant Science* 58:587-595.
- 25. COLTON, B.; BUTLER, B.; MILNE, B.R.** 1997. Using triazine herbicides in canola. *Agnote-NSW-Agriculture*. 1997, No.DPI-183, 4p.
- 26. COZZOLINO, D.; FIGURNIA, G.; METHOL, M.; ACOSTA, Y.; MIERES, J.; BASSEWITZ, H.** 1994. Guía para la alimentación de rumiantes. INIA La Estanzuela. Serie Técnica No.44.
- 27. CHAN, K.Y.; HEENAN, D.P.** 1996. The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 37:2-3, 113-125.

28. **DE DIOS, M.A.; BODEGA, J.L.; RODRIGUEZ, R.H.** 1993. Comportamiento de cultivares de colza doble cero. *In* Información para extensión No.11. INTA E.E.A. Balcarce. Balcarce, Argentina.
29. **DE LEMOS CARDOSO, R.M.; ROTT DE OLIVIEIRA, M.A.; VILLAS BOAS DE CAM-POS, R.M.; BARBOSA, C.J.; BALBINO, L.C.** 1996. Doenças de canola no Paraná. Instituto Agronômico do Paraná. Informe da pesquisa No.51. Boletim técnico No.34. Paraná, Brasil.
30. **DIAZ, J.E.** 1997. Proyecto de investigación en canola. Informe de resultados 1996/97. INIA La Estanzuela. Informe interno.
31. **DIAZ, M.** 1996. Golpe blanco de la espiga del trigo, causado por *Giberella zae* (Schw.) Petch., estado perfecto de *Fusarium graminearum* Schw.. *In* Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Díaz, M.(ed). INIA. Montevideo. Serie técnica No.74. p.79-86.
32. **DIAZ, M.** 1996. Mancha foliar del trigo causada por *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter, estado perfecto de *Septoria tritici* Rob. ex Desm.. *In* Díaz, M.(ed). Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. INIA La Estanzuela. Serie Técnica No.74.
33. **DIAZ, M.** 1996. Mancha parda del trigo causada por *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., estado perfecto de *Drechslera tritici repentis* (Died.) Shoem.. *In* Díaz, M.(ed). Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. INIA La Estanzuela. Serie Técnica No.74.
34. **DIETZ, J.** 1998. Bromoxynil-tolerant canola; the next new weed control-system. Canola guide. April, 1998. Manitoba, Canadá.
35. **DOMICIANO, N. L.** 1995. Levantamento em influência de épocas de sementeira na infestação de pragas da canola (*Brassica napus* X *B. campestris*) em Londrina-PR. *In* Anais do 15º Congresso de Entomologia. Março de 1995. Caxambú-MG, Brasil.
36. **DOMICIANO, N. L.** 1997. Levantamento, comportamento e influência da épocas de sementeira no outono-inverno, sobre a infestação de pragas em canola. *In* Resumos do 16º Congresso Brasileiro de Entomologia. Março de 1997. Salvador, BA., Brasil.
37. **DOMICIANO, N. L.** 1998. Principais pragas, época de ocorrência e controle no cultivo da canola no estado do Paraná. *In* Resumos do 17º Congresso Brasileiro de Entomologia. Agosto de 1998. Rio de Janeiro- RJ, Brasil.
38. **DOMICIANO, N.L. SANTOS, B.** 1996. Pragas da canola. Bases preliminares para manejo no Paraná. Instituto Agronômico do Paraná. Informe da pesquisa No.120. Boletim Técnico No.35. Paraná, Brasil.
39. **DONNELI, M.J.; HUME, D.J.** 1984. Photosynthetic rate and growth analysis of triazine-tolerant and normal rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science* 64:432.
40. **DOW CHEMICAL CANADA INC. LONTREL:** Technical information bulletin. Dow Chemical Canada Inc.. Ontario, Canada.
41. **DOWLING, C.W.; BARROW, N.J.** 1993. Tolerance of ten crop species to atmospheric ammonia during seed germination, radicle and coleoptile growth. *In* Plant nutrition, from engineering to field practice. Proceedings of the Twelfth International Plant Nutrition Colloquium. September 1993. Perth, Western Australia.
42. **DOWNEY, R.K.; RÖBBLEN, G.** 1989. Brassica Species. *In* Röbblen, G.; Downey, R.K.; Ashri, A. (ed.). Oil Crops of the World. McGraw-Hill. New York. 553 p.
43. **EKBOM, B.** 1995. Insect pests. *In* Kimber, D.; Mc Gregor, D.I. (ed). Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
44. **GARBE, V.** 1993. Effects of fungicide treatments in different varieties of winter rape. OILB- SROP Bulletin 16:9,116-123.
45. **GARCIA LAMOTHE, A.** 1992. Colza: respuesta a la refertilización con N. *In* Jornada de cultivos de invierno 1992. INIA La Estanzuela, Uruguay.
46. **GASCHO, G.J.; RAYMER, P.L.; SIKORA, F.J.** 1997. Phosphorus Source and Rate for Canola in the Southern Coastal Plain. *Journal of Production Agriculture* 10: 130-135.

47. **GIMENEZ, A.** 1992. Evaluación de herbicidas para el control de rábanos en el cultivo de colza 00. *In* Jornada de cultivos de invierno 1992. INIA La Estanzuela, Uruguay.
48. **GOMEZ, C., ARTOLA, A.; ASTOR, D.** 1992. Ensayo de descripción de cultivares de "colza 00". MGAP. Montevideo, Uruguay.
49. **GOMEZ, C.; PIAGGIO, L.** 1983. Estudio preliminar del cultivo de colza en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Uruguay. 188 p.
50. **GRANT, C.A.; BAILEY, L.D.** 1993. Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science* 73:651-670.
51. **GUBBELS, G.H.; KENASCHUK, E.O.** 1987. Agronomic performance of flax grown on canola, barley and flax stubble with and without tillage prior to seeding. *Canadian Journal of Plant Science* 69:31-38.
52. **GUGEL, R.K.; PETRIE, G.A.** 1991. History, occurrence, impact, and control of blackleg of rapeseed. *Canadian Journal of Plant Pathology* 14:36-45.
53. **HAINES, P.J.; CURRAN, J.M.; COVENTRY, D.R.** 1996. Rotation with canola and optimising yield in North-East Victoria. *Proceedings of the 8th. Australian Agronomy Conference*, 30 January-2 February, 1996. Toowoomba, Australia. 281-284.
54. **HALGREN, E.** 1990. Influence of different factors on the effect of chemical weed in spring-sown oilseed crops. *Vaxtodling* 1990. No. 16. Uppsala, Suiza.
55. **HARKER, N.K.; BLACKSHAW, R.E.; KIRKLAND, K.J.** 1995. Ethametsulfuron Interactions with grass Herbicides on Canola (*Brassica napus*, *B. rapa*). *Weed Technology* 9:91-98.
56. **HART, L.** 1998. Herbicide-tolerant canola outperform traditional varieties. *Canola guide*. March, 1998. Manitoba, Canadá.
57. **HILL, C.B.; PHILLIPS, D.V.; HERSHMANN, D.E.** 1992. Canola winter decline syndrome. *Plant Disease* 76:861.
58. **HOCKING, P.J.; BARROW, N.J.** 1993. Effects of sowing time and plant age on critical nitrogen concentrations in canola (*Brassica napus* L.). *In* Plant nutrition, from engineering to field practice. *Proceedings of the Twelfth International Plant Nutrition Colloquium*. September 1993. Perth, Western Australia.
59. **HOCKING, P.J.; KIRKEGAARD, J.A.; ANGUS, J.F.; GIBSON, A.H.; KOETZ, E.A.** 1997. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry-matter production, seed yield and seed quality. *Field Crops Research* 49:107-125.
60. **HOCKING, P.J.; PINKERTON, A.; GOOD, A.** 1996. Recovery of field-grown canola from sulfur deficiency. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36:79-85.
61. **HOCKING, P.J.; RANDALL, P.J.; DE MARCO, D.** 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry-matter and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research* 54:201-220.
62. **HOCKING, P.J.; RANDALL, P.J.; DE MARCO, D.; D.; BAMFORTH, I.** 1997. Assessment of the Nitrogen status of field-grown canola (*Brassica napus*) by plants analysis. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37:83-92.
63. **HOLM, L. et al** 1996, *World Weeds, Natural Histories and Distribution*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
64. **INTA.** 1991. Cosecha de colza canola: para que no se filtren los granos. *INTA E.E.A. Manfredi. Hoja informativa No.15*. Manfredi, Argentina.
65. **INTA.** 1980. Fechas de siembra en colza. *In* Carpeta de producción vegetal. *INTA Pergamino. Tomo II. Información No.19*. Pergamino, Argentina
66. **INTA.** 1981. Comportamiento de variedades de colza. *In* Carpeta de producción vegetal. *INTA Pergamino. Tomo III. Información No.27*. Pergamino, Argentina
67. **INTA.** 1981. Ensayos de época de siembra en colza (Campañas 1979 y 1980). *In* Carpeta de producción vegetal. *INTA Pergamino. Tomo III. Información No.23*. Pergamino, Argentina

68. **JORGENSEN, R.B.; ANDERSEN, B.** 1994. Spontaneous hybridization between oilseed rape and (*Brassica napus*) and weedy *B. campestris* (*Brassicaceae*): a risk of growing genetically modified oilseed rape. *American Journal of Botany* 81(12):1620-1626.
69. **KIMBER, D.; MCGREGOR, D.I.** 1995. The Species and Their Origin, Cultivation and Word Production. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). *Brassica Oilseeds, Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
70. **KIRKEGAARD, J.A.; GARDNER, P.A.; ANGUS, J.F.; KOETZ, E.** 1994. Effect of *Brassica* Break Crops on the Growth and Yield of Wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45:529-545.
71. **KIRKEGAARD, J.A.; HOCKING, P.J.; ANGUS, J.F.; HOWE, G.N; GARDNER, P.A.** 1996. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments. II. Break crop effects on subsequent wheat crops. *Field Crops Research* 52:179-191.
72. **KIRKEGAARD, J.A.; WONG, P.T.; DESMARCHELIER, J.M.** 1996. In vitro supression of fungal root pathogens of cereals by *Brassica* tissues. *Plant Pathology* 45:593-603.
73. **KISSMANN, K.G.** 1992. Plantas infestantes e nocivas. BASF Brasileira S.A. São Paulo, Brasil.
74. **KOHLI, M.M.** 1996. Control integrado de enfermedades del trigo. In Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Díaz, M.(ed). INIA La Estanzuela. Serie Técnica No.74.
75. **KONDRA, Z.P.; CAMPBELL, D.C.; KING, J.R.** 1983. Temperature effects on germination of rapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). *Canadian Journal of Plant Science* 63:1063-1065.
76. **LABRADA, R.; CASELY, J.C.; PARKER, C.** 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO. Roma. 395p.
77. **LARDON, A.; TRIBOI-BLONDEL, A.M.** 1994. Freezing injury to ovules, pollen and seeds in winter. rape. *Journal of Experimental Botany* 45:1177-1181.
78. **LACKIE, D.; SMITHSON, A.; CRUTE, I.R.** 1993. Gene movement from oilseed rape to weedy populations - a component of risk assessment for transgenic cultivars. *Aspects of Applied Biology* No. 35, 61-66.
79. **LUZZI, D.V.; CASTIGLIONI, E.** 1993. Soja. Segunda impresión. Universidad de la República. Uruguay.
80. **MALHI, S.S; NYBORG, M.; PENNE, D.C.; KRYZANOWSKI, L.; ROBERTSON, J.A.; Walker, D.R.** 1993. Yield response of barley and rapeseed to P fertilizer: influence of soil test P level and method of placement. *Communications in Soil and Plant Analysis*. 24:1-10.
81. **MANDL, F.; BERRETA, A.** 1992. Colza 1991-1992. INIA La Estanzuela. Informe interno.
82. **MARQUARD, R.; WALKER, K.C.** 1995. Environmental Impact of Rapeseed Production. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). *Brassica Oilseeds, Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
83. **MARZOCCA, A.; MARSICO, O.J.; DEL PUERTO, O.** 1979. Manual de malezas. Tercera edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
84. **MATTHIESSEN, J.N.; KIRKEGAARD, J.A.; ALLSOPP, P.G.; ROGERS, D.J.; ROBERTSON, L.N.** 1997. Biofumigation, the use of bioactive rotation and cover crops for supression of soil-borne pests and diseases. In Allsopp, P.G.; Rogers, D.J.; Robertson, L.N. (ed). *Soil invertebrates in 1997. Proceedings of the third Brisbane Workshop on Soil Invertebrates*. Bureau of Sugar Experiment Stations, Indorooipilly, Australia.
85. **McDONALD, B.E.** 1995. Oil Properties of Importance in Human Nutrition. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). 1995. *Brassica Oilseeds, Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
86. **McGRATH, S.P.; ZHAO, F.J.** 1996. Sulphur uptake, yield responses and interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 126:53-62.

87. MENDHAM, N.J.; SALISBURY, P.A. 1995. Physiology: Crop Development, Growth and Yield. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). 1995. Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
88. MENDHAM, N.J.; SHIPWAY, P.A.; SCOTT, R.K. 1981. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 96:389-416.
89. MITIDIERI, A.; FRANCESCANGELI, N. 1991. El problema de las malezas crucíferas en el cultivo de canola, *Brassica napus* var. *oleifera*, y su manejo. Boletín de protección vegetal No.16. Oct. 1991. INTA EEA San Pedro. San Pedro, Argentina.
90. MOLINA, A.R. 1995. Malezas en praderas y cultivos de invierno. Primera edición. Editorial AM s.r.l. Buenos Aires.
91. MORALL, R.A. 1989. Identification Manual for Sclerotinia in Petal Test Plates. In An overview of canola agronomic and varietal development research 1990-1993. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.
92. MORALL, R.A.; ROGERS, R.B.; RUDE, S.V. 1989. Improved techniques of controlling Sclerotinia stem rot of canola (oilseed rape) with fungicides in western Canada. Mededelingen van de faculteit landbouwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent. 54:643-649.
93. MORELLI, J.; SOUTO, G. 1992. Canola. In Estudio de diversificación de cultivos agrícolas, alternativas de invierno. Serie Síntesis. Unidad de diversificación agrícola. Uruguay. 10p.
94. MORON, A. 1996. Azufre: consideraciones sobre su situación en Uruguay. In Manejo y fertilidad de suelos. Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. (ed.). INIA La Estanzuela. Serie Técnica No 76. p.73-80.
95. MORRISON, M.J.; McVETTY, P.B.E.; SHYKEWICH, C.F. 1989. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. Canadian Journal of Plant Science 69:455-464.
96. MULLEN, C.L.; DELLOW, J.J. 1993. Weed Control in Winter Crops 1993. NSW Agriculture.
97. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press. Washington, D.C.
98. NURPHY, G.N.; PASCALE, N.C. 1988. Agroclimatología de la colza de invierno (*Brassica napus* L. spp. *Oleifera* (Metzg) Sinsk F. *Biennis*) y su posible difusión en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires 9:73-90.
99. NUTTAL, W.F.; MOULIN, A.P.; TOWNLEY-SMITH, L.J. 1992. Yield Response of Canola to Nitrogen, Phosphorus, Precipitation, and Temperature. Agronomy Journal 84:765-768.
100. ORSON, J. 1995. Weeds and their control. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
101. PASCALE, N.C. 1985. Comportamiento bioclimático de siete cultivares de colza en Buenos Aires. In Oleico No.32. INTA. E.E.A. Manfredi. Manfredi, Argentina.
102. PASCALE, N.C.; VILARIÑO, P.; GOMEZ, N.; WINDAWER, L.; DELFINO, S. 1993. Componentes del rendimiento en colzas "doble cero" de primavera (*Brassica napus* L. Ssp. *Oleifera* (Metz) Sinsk f. annua). Revista de la facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
103. PEREA, C.F. 1994. Enfermedades. In Girasol y soja. Algunos aspectos tecnológicos de producción para el litoral oeste de Uruguay. (ed). Giménez, A.; Restaino, E. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación No.47.
104. PEREA, C.F.; DIAZ, L.E. 1992. Primera constatación de enfermedades fungosas de la colza (*Brassica napus* var. *Oleifera*) en el Uruguay. Fitopatología Brasileira 17:199.
105. PEREYRA, S.; STEWART, S.; DIAZ, M. 1997. Manual para la identificación de

- enfermedades en cereales de invierno. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación No.61.
106. **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE.** 1988. Producción de Raps. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
107. **POUZET, A.** 1995. Agronomy. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
108. **PROVA.** 1994. Validación del cultivo de Canola. In Resultados de proyectos de validación. Pablo Ott (ed.). M.G.A.P. Montevideo. Uruguay. 90 p.
109. **PURVIS, C.E.** 1990. Differential Response of Wheat to Retained Crop Stubbles. I. Effect of Stubble Type and Degree of Decomposition. Australian Journal of Agricultural Research 41:225-242.
110. **REMPEL, C.B.; HALL, R.** 1995. Effects of time and rate of application of triazole fungicides on incidence and severity of blackleg and growth and yield of canola. Canadian Journal of Plant Science 75:737-743.
111. **RAMSEY, B.R.; CALLINAN, A.P.L.** 1994. Effects of nitrogen fertiliser on canola production in north central Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture 34:789-796.
112. **RIMMER, S.R.; BUCHWALDT, L.** 1995. Diseases. In Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (ed). Brassica Oilseeds, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 394p.
113. **RIOS, A.; GIMENEZ, A.** 1992. Guía para el reconocimiento de malezas invernales de hoja ancha y herbicidas recomendados para su control. INIA La Estanzuela. Boletín de Divulgación No.14.
114. **RÖBBLEN, G.; DOWNEY, R.K.; ASHIRI, A.** 1989. Oil Crops of the World. Mc Graw-Hill Inc. U.S.A. 353p.
115. **ROOD S.B.; SMIEK, S.; PEARCE, D.; PHARIS, R.P.** 1987. Gibberellins and the regulation of height growth in canola (*Brassica napus*). In Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America. 1987, 139-144; Lincoln, Nebraska, USA.
116. **ROSLON, E.** 1990. New herbicides for control of weeds in oil-seeds and peas. Swedish Crop Protection Conference. 1990. No. 31,59-68. Uppsala, Suiza.
117. **SALISBURY, P.; MAILER, R.; SANG, J.** 1991. Potential reduction in Australian canola quality from weedy crucifer contamination. Cruciferae-Newsletter. 1991, No.14-15. Australia.
118. **SANSFORD, C.E.; HARDWICK, N.V.** 1992. Winter oilseed evaluation of fungicide spray programmes. HGCA Oilseeds Project Report. Home Grown Cereals Authority; London; UK.
119. **SARANDON, S.J.; CHAMORRO, A.M.; TAMAGNO, L.N.; BEZUS, R.** 1996. Respuesta de la colza-canola (*Brassica napus* L. Sp. Oleífera forma anual) a la fertilización con N a la siembra. Efecto sobre la acumulación y partición de la materia seca, el rendimiento y sus componentes. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 101 (2):179-186.
120. **SASKATCHEWAN AGRICULTURE AND FOOD.** 1997. Crop protection guide. Saskatchewan, Canada.
121. **SHEN, W.Z.** 1992. Control of Sclerotinia rot of rape (*Sclerotinia sclerotiorum* de Bary) with 40% carbendazim LS. Plant Protection 18: 3, 50.
122. **SHEPHERD, M.A.; SYLVESTER-BRADLEY, R.** 1996. Effect of nitrogen fertilizer applied to winter oilseed rape (*Brassica napus*) on soil mineral nitrogen after harvest and on the response of a succeeding crop of winter wheat to nitrogen fertilizer. Journal of Agricultural Science 126:63-74.
123. **STEWART, S.** 1996. Sanidad de semilla de trigo y cebada. In Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Martha Díaz (ed.). INIA La Estanzuela. Serie Técnica No74.
124. **STRUZ, A.V.; BERNIER, C.C.** 1988. Influence of crop rotations on winter wheat growth and yield in relation to the dynamics of pathogenic crown and root rot fungal complexes. Canadian Journal of Plant Pathology 11:114-121.

125. STRUZ, A.V.; BERNIER, C.C. 1990. Fungal communities in winter wheat roots following crop rotations suppressive and nonsuppressive to take-all. *Canadian Journal of Botany* 69:39-43.
126. SWANTON, C.J.; CHANDLER, K. 1989. Control of Wild Mustard in Canola with Postemergence Herbicides. *Canadian Journal of Plant Science* 69:889-896.
127. TAYLOR, A.J.; SMITH, C.J.; WILSON, I.B. 1991. Effect of irrigation and fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus*, L.). *Fertilizer Research* 29:249-260.
128. THOMAS, P. 1995. *Canola Growers Manual*. Canola Council of Canada. Canada 1063p.
129. THOMPSON, J.R.; THOMAS, P.M.; EVANS, I.R. 1984. Efficacy of aerial application of benomyl and iprodione for the control of Sclerotinia stem rot of canola (rapeseed) in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Pathology* 6:75-77.
130. THURLING, N. 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). II Yield components. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 25:711-721.
131. TURKINGTON, T.K.; MORRALL, R.A.A.; RUDE, S.V. 1991. Use of petal infestation to forecast Sclerotinia stem rot of canola: the impact of diurnal and weather-related inoculum fluctuations. *Canadian Journal of Plant Pathology* 13:347-355.
132. VALETTI, O. 1996. El cultivo de colza-canola. INTA Barrow. Tres Arroyos, Argentina.
133. VALETTI, O.; IRIARTE, V. 1991. Colza. In *Jornada de actualización profesional sobre cultivos de cereales y oleaginosos alternativos*. Bolsa de cereales de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 54p.
134. VIGIL, M.F.; ANDERSON, R.L.; BEARD, W.E. 1997. Base Temperature and Growing-Degree-Hour Requirements for the Emergence of Canola. *Crop Science* 37:844-849.
135. WOODS, D.L.; CAPCARA, J.J.; DOWNEY, R.K. 1991. The potential of mustard (*Brassica juncea* (L.) Coss.) as an edible crop on the Canadian Prairies. *Canadian Journal of Plant Science* 71:195-198.
136. WRIGHT, P.R.; MORGAN, J.M.; JESSOP, R.S. 1996. Turgor maintenance by osmoregulation in *Brassica napus* and *B. juncea* under field conditions. *Annals of Botany* 80:313-319.
137. XI, K.; KUTCHER, H.R.; WESCOTT, N.D.; MORRALL, R.A.A.; RIMMER, S.R. 1991. Effect of seed treatment and fertilizer coated with flutriafol on blackleg of canola (oilseed rape) in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* 13:336-346.
138. YITBAREK, S.M.; VERMA, P.R.; GUGEL, R.K.; MORRALL, R.A.A. 1988. Effect of soil temperature and inoculum density on pre-emergence damping-off of canola caused by *Rhizoctonia solani*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 10:93-98.

LA CANOLA EN EL MERCADO OLEAGINOSO MUNDIAL

Gonzalo Souto ⁽¹⁾

Martín Dabezies ⁽²⁾

CAPITULO III

1. PRODUCCION, CONSUMO Y COMERCIO: distribución geográfica

La colza/canola y sus derivados industriales ocupan un lugar relevante en la producción y el comercio de productos del complejo oleaginoso. Como materia prima el grano se agrupa dentro de los de alto contenido de aceite, ubicándose las proporciones medias de aceite y harina en el orden del 45% y 52% respectivamente.

a. Grano de colza

El **área de siembra** del cultivo alcanza una amplia dispersión geográfica, con fuertes concentraciones en Asia (China e India siembran un 56% del área total, en partes iguales), América del Norte (donde Canadá siembra un 19% del total mundial) y Europa (la Unión Europea reúne un 12% de la superficie mundial) (cuadro 1).

La **producción** muestra una distribución algo distinta, habida cuenta de las importantes diferencias observadas en los niveles de productividad entre países o regiones. De este modo, crece marcadamente la importancia relativa de Europa (alcanzando la U.E. al 25% de la cosecha mundial) a expensas del menor peso de Asia (por el descenso relativo de la cosecha de India: 17% del total) (cuadro 2).

Cuadro 1. Superficie anual del cultivo en el trienio 1996/97-1998/99.

	Miles/ha	%
Unión Europea (15)	2827	12
Francia	1004	4
Alemania	924	4
Reino Unido	470	2
Otros Europa	284	2
Canadá	4561	19
China	6521	28
India	6638	28
Australia	752	3
Otros países	1864	8
Total		

Fuente: Oil World (octubre/1998):

⁽¹⁾ Ing. Agr., MGAP, OPYPA.

⁽²⁾ Ing. Agr., Central Cooperativa de Granos.

Cuadro 2. Producción mundial anual en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	8543	25
Francia	3385	10
Alemania	2740	8
Reino Unido	1536	5
Otros Europa	790	2
Canadá	6266	19
China	9015	27
India	5733	27
Australia	1050	3
Otros países	2285	7
Total	33680	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Es también en Asia donde se concentra la mayor porción de la **industrialización** de esta materia prima oleaginosa, alcanzando un peso relativo superior al 53%. Le siguen en importancia Europa con 30% (25% en la U.E.) y América del Norte con 14% (reuniendo Canadá un 10%) (cuadro 3).

El **comercio exportador** exhibe una estructura sumamente concentrada, reunien-

do Canadá un 62% de las ventas. En nivel muy inferior aparecen Australia (14%) y la U.E. (13%) (cuadro 4).

Tampoco los **importadores** son muy numerosos, concentrando Japón un 44% de las compras. En niveles inferiores pero destacados aparecen China (14%), México (14%), la U.E. (8%) y los EE.UU. (7%) (cuadro 5).

Cuadro 3. Industrialización mundial anual en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	7984	25
Otros Europa	1533	5
Canadá	3135	10
EE.UU.	635	2
México	657	2
China	8793	28
Japón	2073	7
India	5317	17
Pakistán	310	1
Australia	362	1
Otros países	691	2
Total	33680	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 4. Exportaciones anuales en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	599	13
Europa Oriental	285	6
Ex- URSS	114	2
Canadá	2959	62
EE.UU.	133	3
Australia	660	14
Otros países	11	0
Total	4760	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 5. importaciones anuales en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	390	8
Europa Oriental	173	4
Canadá	147	3
EE.UU.	334	7
México	657	14
China	680	14
Japón	2077	44
Bangladesh	159	3
Otros países	135	3
Total	4752	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

b. Aceite de colza

La distribución de la producción de aceite de colza, obviamente guarda una fuerte simetría con la industrialización del grano. Así, es Asia la principal región productora con un 50% del total mundial, seguida por Europa con un 32% y América del Norte con 15% (cuadro 6).

Es también en Asia donde se observa la principal concentración de consumo, destacándose China con el 28% del consumo

mundial, India con 17% y Japón con 7%. Otra región importante es Europa que reúne el 27% del consumo total (en especial en la U.E. con 22%) (cuadro 7).

El comercio muestra una estructura muy concentrada, explicando un número extremadamente reducido de países la casi totalidad de los volúmenes intercambiados. Entre los exportadores se destacan nítidamente Canadá y la U.E. (con 37% y 34% respectivamente) seguidos por China (con 16%) y los EE.UU. (con 7%) (cuadro 8).

Cuadro 6. Producción mundial anual de aceite de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	3286	27
Otros Europa	591	5
Canadá	1318	11
EE.UU.	9015	2
China	255	25
India	3078	17
Japón	869	7
Australia	145	1
Otros países	610	5
Total	12171	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 7. Consumo aparente anual de aceite de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	2630	22
Otros Europa	622	5
Canadá	639	5
EE.UU.	611	5
México	297	2
Ex- URSS	224	2
China	3468	28
Japón	871	7
India	2064	17
Bangladesh	127	1
Otros países	135	3
Total	4752	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Por su parte, en el comercio importador es muy marcado el liderazgo de China (38%) y los EE.UU. (26%) -con volúmenes que sitúan a ambos con un balance neto "importador"-, apareciendo muy distantes la ex-URSS con 9% y la región Norte de África con 4% (cuadro 9).

c. Harina de colza

Al igual que en caso del aceite, la distribución de la producción de harina de colza, guarda simetría con la industrialización del grano. Por tanto, es también Asia la principal región productora con un 54% del total mundial, seguida por Europa con un 30% y América del Norte con 14% (cuadro 10).

Cuadro 8. Exportaciones anuales de aceite de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	682	34
Canadá	740	37
EE.UU.	155	8
China	330	16
Australia	46	2
Otros países	65	3
Total	2017	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 9. Importaciones anuales de aceite de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Ex- URSS	181	9
Norte de Africa	88	4
EE.UU	514	26
México	56	3
China	767	38
India	46	2
Otros países	355	18
Total	2007	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 10. Producción mundial anual de harina de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	4637	25
Otros Europa	873	5
Canadá	1913	10
EE.UU.	356	2
México	384	2
China	5588	30
India	3175	17
Pakistán	184	1
Japón	1173	6
Australia	206	1
Otros países	427	2
Total	18917	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

El consumo también se concentra en Asia con 53% del total (destacándose China con 29%, India con 12% y Japón con 7%). La otra gran región consumidora es Europa con un 31% del total mundial (28% en la U.E.) (cuadro 11).

Entre los exportadores es muy marcada la importancia de Canadá con un 45% de las ventas totales. Le siguen la India con 32%, la región de Europa Oriental con 13% y China con 6% (cuadro 12).

Los principales importadores de harina de colza son los EE.UU. y la U.E. que compran 37% y 25% del total mundial. A su vez, otro núcleo destacado de consumo se ubica en Asia donde varios países reúnen un 35% del total de importaciones (destacándose Corea del Sur con 17%, Japón con 5% y Taiwán e Indonesia con 4% cada uno) (cuadro 13).

Cuadro 11. Consumo aparente anual de harina de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	5352	22
Otros Europa	505	5
Canadá	602	5
EE.UU.	1440	5
México	388	2
China	5462	28
Japón	1314	7
Corea del Sur	506	17
Taiwán	116	1
Indonesia	106	1
India	2247	12
Otros países	135	3
Total	4752	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 12. Exportaciones anuales de harina de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Europa Oriental	375	13
Canadá	1319	45
India	928	32
China	185	6
Otros países	107	4
Total	2915	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 13. Exportaciones anuales de harina de colza en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
Unión Europea (15)	732	25
EE.UU.	1097	37
China	59	2
Japón	153	5
Corea del Sur	496	17
Taiwan	116	4
Indonesia	109	4
Tailandia	89	3
Otros países	87	3
Total	2938	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

2. IMPORTANCIA ENTRE LOS ACEITES Y LAS HARINAS PROTEICAS

El grano de colza ocupa un lugar destacado en el comercio mundial de materias primas oleaginosas. El liderazgo de la soja es muy marcado, concentrando un 77% del comercio mundial, apareciendo la colza en segundo lugar con un 9%, delante del girasol que alcanza al 6% (cuadro 14).

Asimismo, el aceite de colza tiene gran importancia en la producción mundial de aceites y grasas. El primer lugar lo ocupa el aceite soja (22%), seguido del aceite de palma (17%), ubicándose la colza en tercer lugar con 12% del total producido (y superando al girasol, cuya participación alcanza al 9%) (cuadro 15).

Cuadro 14. Comercio mundial anual de materias primas oleaginosas en el trienio 1996/97-1998/99.

	Miles ton	%
Soja	38582	77
Colza/canola	4760	9
Girasol	3228	6
Maní	1265	3
Algodón	832	2
Lino	849	2
Otros	866	2
Total	50383	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 15. Producción mundial anual de aceites en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
de Soja	22644	22
de Palma	17004	17
de Colza/canola	12717	12
de Girasol	9249	9
de Maní	4408	4
de Algodón	3894	4
Otros	32432	32
Total	101803	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

El peso relativo es algo menor en el comercio total de aceites y grasas, ubicándose el aceite de colza en 4° lugar con un 6%, detrás de los aceites de palma (36%), de soja (23%) y de girasol (9%) (cuadro 16).

Por último, debe destacarse la importancia de la harina de colza en la producción y el comercio de harinas proteicas. Se ubica

en 2° en el *ranking* de producción con un 11% del total, detrás de la harina de soja (55%) y delante del *corn gluten feed* (8%) (cuadro 17).

En cuanto al comercio, sus exportaciones representan un 5% del total mundial, detrás de la harina de soja (62%), el *corn gluten feed* (12%) y la harina de pescado (6%) (cuadro 18).

Cuadro 16. Comercio mundial anual de aceites en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
de Palma	11771	36
de Soja	7366	23
de Girasol	3071	9
de Colza/Canola	2017	6
de Pepita de Palma	1051	3
de Maní	259	1
Otros	7000	22
Total	32537	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 17. Producción mundial anual de harinas proteicas en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
de Soja	98933	55
de Colza/Canola	18917	11
de Corngluten Feed	13787	8
de Algodón	15167	8
de Girasol	11107	6
de Maní	6262	3
Otros	15454	9
Total	179628	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

Cuadro 17. Comercio mundial anual de harinas proteicas en el trienio 1996/7-1998/9.

	Miles ton	%
de Soja	33428	62
de Corngluten Feed	6365	12
de Pescado	3240	6
de Colza/canola	2915	5
de Girasol	2641	5
de Pepita de Palma	2267	4
Otros	2922	5
Total	53778	100

Fuente: Oil World (octubre/1998).

3. LOS PRECIOS RESPECTO DE OTROS DERIVADOS OLEAGINOSOS

Para completar esta breve caracterización de la colza y sus derivados industriales en el complejo oleaginoso, es necesario situar el nivel de sus precios en los mercados mundiales en relación a los productos sustitutos, obtenidos a partir de otras materias primas oleaginosas.

El **aceite de canola** o colza "00" en los últimos cinco años ha mostrado una evolución estrechamente ajustada al precio del aceite de soja, lo que resulta en niveles de

"descuento" variables respecto del aceite de girasol. Los "descuentos" promediaron -U\$S 50 por tonelada en el período considerado (oscilando entre -U\$S 164 y +U\$S 20). La diferencia relativa entre los precios medios de ambos aceites (colza y girasol) en el período alcanzó al **-21%** (figura 1).

La **harina de canola**, en igual período, se ha ubicado en niveles intermedios entre las harinas de soja y de girasol, exhibiendo "descuentos" frente a la primera y "premios" frente a la segunda. El "descuento" medio respecto de la harina de soja alcanzó a -U\$S 72 por tonelada (con máximos de U\$S 119 y mínimos de U\$S 33), mientras que el

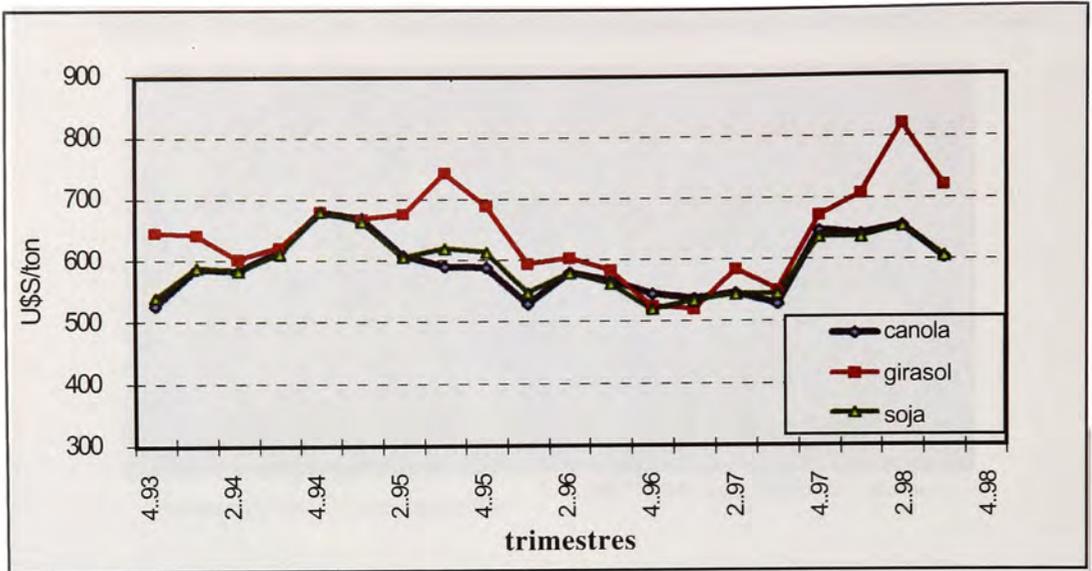


Figura 1. Precios de aceites vegetales en puertos de Europa.

“premio” promedio respecto de la harina de girasol se ubicó -durante el quinquenio considerado- en U\$S 32 por tonelada (con un nivel mínimo de U\$S 13 y un máximo de U\$S 53). La diferencia relativa respecto de los precios medios de las harinas de soja y girasol en el período fue de **-30%** y **+25%** respectivamente (figura 2).

Por último, el **grano de canola** en el período ha mostrado una evolución errática respecto de los granos de soja y girasol. En promedio el precio se ubica U\$S 16 por encima de la soja y U\$S 7 por debajo del girasol, lo que representa diferencias relativas de **+6%** y **-3%** respectivamente (figura 3).

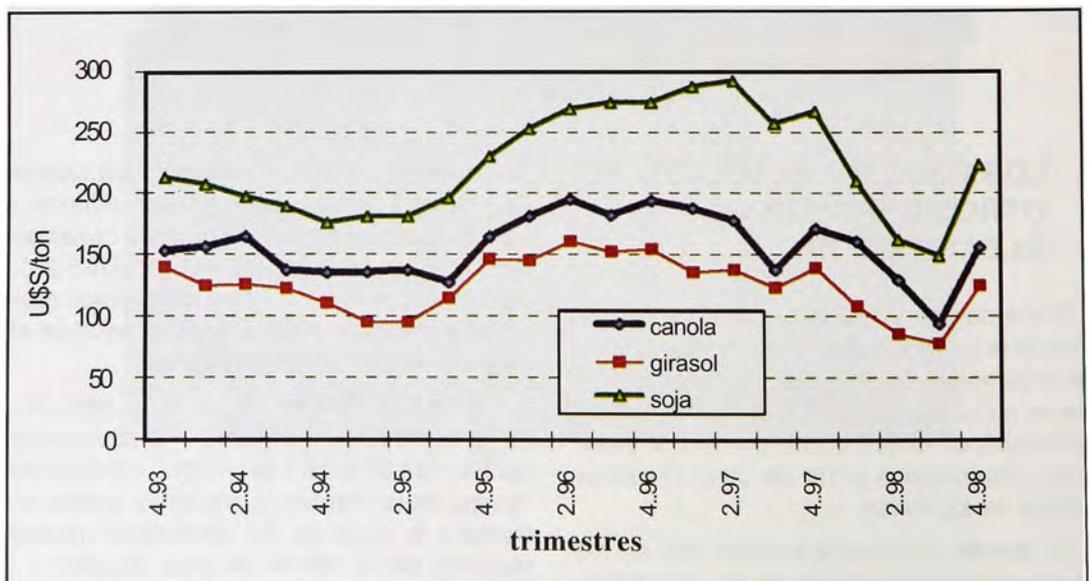


Figura 2. Precios de harinas oleaginosas en puertos de Europa.

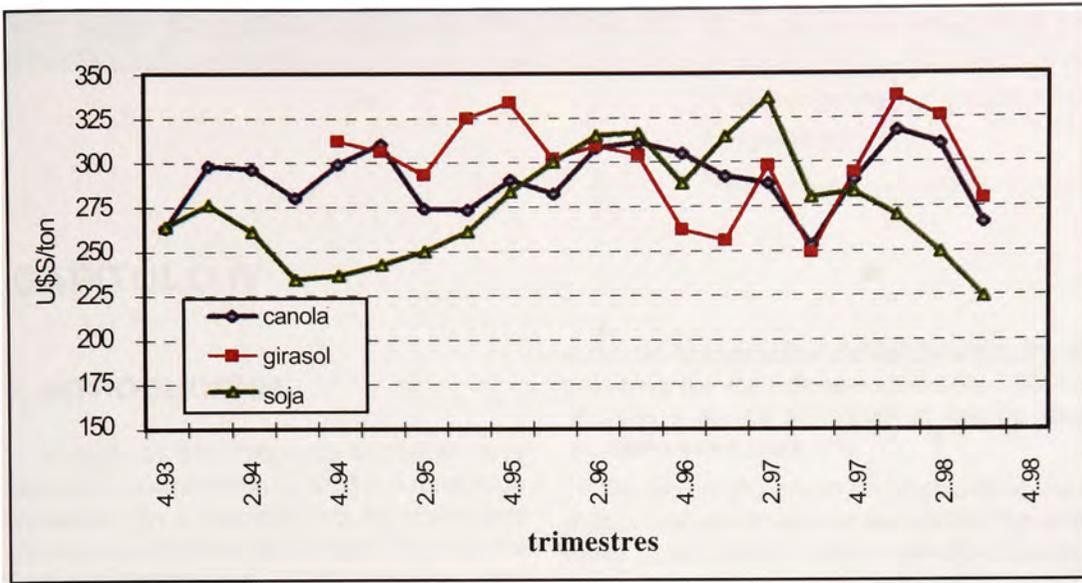


Figura 3. Precios de granos oleaginosos en puertos de Europa.

LA EXPERIENCIA DE UN PRODUCTOR

Facundo Ponce de León ⁽¹⁾

Daniel Alves ⁽²⁾

CAPITULO IV

1. INTRODUCCION

A partir del año 1991, por iniciativa de la Central Cooperativa de Granos y mediante un convenio con la Cooperativa Agropecuaria Limitada de Ombúes de Lavalle, un grupo de productores comenzó a cultivar canola en la región de influencia de la cooperativa antes mencionada. El objetivo planteado para esta primera etapa fue la evaluación del potencial y las posibles limitaciones de este cultivo en

la región. El área cultivada desde esa fecha al presente fue de aproximadamente 300 ha anuales y se distribuyó en al menos tres productores en cada año.

Dentro de ese grupo de productores, hemos seleccionado el caso de la firma "Aguirre Hnos.", para ilustrar varios aspectos relacionados con la práctica de este cultivo en las condiciones de nuestro país y para divulgar detalles de una experiencia exitosa.

Esta empresa está ubicada en el en el departamento de Colonia, en el paraje "La Laguna", 25 km al N.W. de Ombúes de Lavalle. La misma trabaja en base a una superficie total de 950 ha, compuesta por campos propios y arrendados, de la cual 80 % es superficie arable. Los suelos son predominantemente brunosoles éutricos típicos y vertisoles rúpticos lúvicos sobre formación Libertad (figura 1). En el último año se cultivaron 400 ha de cultivos de invierno (29 % trigo, 18 % cebada, 22 % canola y 31 % raigrás y avena) y 240 ha de verano. Aproximadamente 90 % de los cultivos se realiza con mínimo laboreo o en siembra directa. La canola ha sido cultivada todos los años desde 1992.



Figura 1. Cultivo de canola de la empresa "Aguirre Hnos".

⁽¹⁾ Ing. Agr., INIA La Estanzuela. E-mail: facundo@inia.org.uy

⁽²⁾ Ing. Agr., CALOL. E-mail: cdalves@adinet.com.uy

2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CANOLA

La elección de las chacras a cultivar con canola se basa fundamentalmente en dos aspectos. El primero es la presencia de malezas gramíneas invernales, cuyo control sería muy costoso en caso de cultivarse trigo, cebada o avena. El segundo aspecto es la presencia o no de crucíferas silvestres, no cultivándose chacras donde las hubiere.

Las siembras se realizaron en casi todos los casos en los meses de junio o julio sobre rastrojo del cultivo de invierno anterior y, en algún caso, de pradera. Las tierras se prepararon como para cualquier otro cultivo, según lo requerían las condiciones del campo. En algunas ocasiones fue utilizado un riel detrás de la disquera o fue pasada una rastra de dientes invertida con el objetivo de nivelar y compactar el terreno. El control de malezas se basó en aplicaciones de trifluralina a razón de 2 L/ha de producto comercial, incorporada inmediatamente con disquera y/o rastra de dientes. Esto resultó siempre en un excelente control de malezas.

La siembras se realizaron con una sembradora convencional de invierno, utilizando el cajón de semilla fina. La distancia entre surcos fue de 0,15 m y la profundidad de siembra de 2 a 3 cm. La población objetivo fue de 100 a 120 plantas por metro cuadrado, para lo cual se sembraron 5 kg/ha de semilla. En muchos casos se utilizó un rodillo desterronador arrastrado por la sembradora, que rompía terrones y compactaba la tierra, mejorando el contacto de ésta con la semilla. En un caso en el que por causa de una fuerte helada en estado de cotiledón el establecimiento de plantas no fue bueno (año 1996), y solamente se lograron 40 pl/m², las plantas establecidas compensaron y los rendimientos fueron satisfactorios.

En todos los casos se utilizó fertilizante binario (18-46-0) en la siembra, aplicado con la misma sembradora al costado de la semilla. Luego de establecido el cultivo se realizaron refertilizaciones con urea. El criterio para la dosificación se basó en tratar de mantener una disponibilidad de nitrógeno igual o mayor

que la necesaria para el cultivo de trigo. En general se realizó una sola refertilización en estado de roseta avanzada, previo a la elongación. En el último año llegaron a realizarse dos refertilizaciones, una en roseta avanzada y otra en floración temprana, de 100 y 120 kg/ha de urea respectivamente, obteniéndose muy buenas respuestas.

En ningún caso fue necesario aplicar ningún tipo de medida de control de insectos. En referencia a las enfermedades, durante un año particular ocurrió un ataque de *Sclerotinia*, que no fue combatido y que produjo mermas en el rendimiento del cultivo. La epifitía se desarrolló en un cultivo densamente poblado en estado de elongación, en un año con lluvias excesivas y calor (1994). No obstante, el rendimiento alcanzado en ese año fue de 1.577 kg/ha, lo que determinó una zafra redituable. No se detectó ningún otro tipo de problemas relacionados con hongos, bacterias o virus, durante los demás años de cultivo.

Durante las primeras zafras, la cosecha se realizaba con hilerado previo o en forma directa cuando el cultivo estaba demasiado maduro para ser hilerado. En las dos últimas zafras, se ajustó el momento de hilerado y se adelantó el corte al momento en el que 40 % de los granos del racimo principal habían comenzado a cambiar de color. De esta forma se lograron reducir notablemente las pérdidas en la recolección y se evitó la cosecha directa, factores que se estima producían pérdidas de 30 a 50 % en el rendimiento. Por otro lado, por estar las ramas de las plantas entrelazadas lateralmente, el costado de la plataforma de la hileradora las arrancaba unas de otras, lo que producía ciertas pérdidas. Ante este inconveniente se adaptó una cuchilla de corte lateral en la plataforma de corte de la hileradora (figura 30, Cap. II). Esta consistió en una hoja de cuchilla de rotativa afilada, soldada en el costado derecho de la máquina. Las semillas completaron su maduración en la gavilla en un lapso de 14 días, luego del cual se comenzó a cosechar. Durante esta operación, debió tenerse especial cuidado con las posibles fugas de grano debidas a su tamaño, por lo que debieron taparse los lugares por donde pudiera perderse semilla. En general, la cosecha finalizó

entre la segunda y la cuarta semana de noviembre. Esto permitió en muchos casos, la siembra de cultivos de segunda en épocas muy tempranas. En el caso de la actual zafra (1998/99), fue posible sembrar sin laboreo sorgo sobre rastrojo de canola antes del 16 de noviembre (figura 36, Cap.II). La cosecha de canola siempre fue anterior a la de los restantes cultivos de invierno, por lo que nunca hubo demandas simultáneas de la misma maquinaria.

A pesar de que luego de las cosechas de los primeros años quedaba en la chacra un

gran banco de semillas de canola, no hubo inconvenientes por este motivo en las diferentes situaciones planteadas.

3. RESULTADO ECONOMICO

Asumiendo un precio de venta de U\$ 210/ton, es necesario un rendimiento de 1.079 kg/ha en el cultivo en siembra convencional (cuadro 1) y de 1.062 kg/ha en el cultivo en siembra directa (cuadro 2) para

Cuadro 1. Costos estimados de producción del cultivo de canola con laboreo convencional para la firma "Aguirre Hnos."

Concepto	Unidades/ha	U\$/unidad	U\$/ha
LABOREOS			
Excéntrica	1	16,26	16,26
Cinzel	.1	14,47	14,47
Vibro	1	17,07	17,07
Rastra de dientes	1	7,48	7,48
Siembra c/fertilizante	1	11,70	11,70
Centrífuga	1	3,74	3,74
Pulverizadora	1	3,74	3,74
SUB TOTAL			74,46
INSUMOS			
Semilla (kg)	4,5	6,00	27,00
Trifluralina (L)	2	3,80	7,60
Fertilizante 18-46-0 (kg)	120	0,30	36,00
Fertilizante 46-0-0 (kg)	100	0,18	18,00
SUB TOTAL			88,60
Fletes (ton)	2,2	5,00	11,00
Costo financiero	0,07	130	9,10
Hilerado	1	18,00	18,00
Cosecha	1	20,00	20,00
Imprevistos (%)	0,05		6,50
TOTAL			227,96

Cuadro 2. Costos estimados de producción del cultivo de canola en siembra directa para la firma "Aguirre Hnos."

Concepto	Unidades/ha	U\$/unidad	U\$/ha
LABORES			
Siembra c/fertilizante	1	25,00	25,00
Centrifuga	1	3,74	3,74
Pulverizadora	3	3,74	11,22
SUB TOTAL			39,96
INSUMOS			
Semilla (kg)	4,5	6,00	27,00
Glifosato (L)	5	4,00	20,00
Tordón 24 K (L)	0,13	36,00	4,68
Fertilizante 18-46-0 (kg)	150	0,30	45,00
Fertilizante 46-0-0 (kg)	150	0,18	27,00
SUB TOTAL			123,68
Fletes (ton)	2,2	5,00	11,00
Costo financiero	0,07	130	9,10
Hilerado	1	18,00	18,00
Cosecha	1	20,00	20,00
Imprevistos (%)	0,05	130	6,50
TOTAL			228,24

cubrir los costos de producción. Los rendimientos obtenidos desde que se adoptó el cultivo (cuadro 3) fueron, con la excepción de la zafra 1996, superiores al rendimiento de equilibrio de costo/beneficio estimado. Por otra parte, en muestreos previos a la cosecha en una parte de un chacra sembrada en el año 1998, llegaron a registrarse rendimientos de 3.800 kg/ha. Esto puede considerarse como una muestra del potencial del cultivo en la zona.

Se observó (cuadro 3) un aumento consistente en los rendimientos a lo largo de los años. Esta tendencia refleja un creciente dominio del manejo del cultivo. Las medidas de manejo adoptadas que manifestaron mayor impacto sobre el rendimiento fueron, por

un lado, el abandono de la cosecha directa y el ajuste del momento de hilerado (1997) y, por otro lado, la doble refertilización con urea (1998). El bajo rendimiento obtenido en 1996, se habría debido a la ocurrencia de una helada muy fuerte y con baja humedad relativa ambiente, en un cultivo sembrado tarde (agosto), en siembra directa y bajo condiciones de sequía. La magnitud de la helada determinó la sobrevivencia de manchones aislados con baja densidad de plantas. Dado lo reducido de la superficie cultivada, se decidió cosechar para ver los resultados.

La comercialización de la canola cosechada se realizó en el marco del convenio antes mencionado. Fue comprada por CCG

Cuadro 3. Rendimientos de canola obtenidos por la firma "Aguirre Hnos." en las distintas zafras.

Año	Superficie (ha)	Rendimiento medio (kg/ha)
1992	5	1.094
1993	8	1.151
1994	54	1.577
1995	60	1.822
1996	10	349
1997	38	1.919
1998	80	2.458
Rendimiento medio (kg/ha)		1.481

a un precio que, en cada una de las siete zafras, se situó en un valor intermedio entre el del girasol y el de la soja, oscilando en el entorno de los US\$ 200/ton. En el caso concreto de los años 1997 y 1998, la tonelada de canola se pagó US\$ 210 y 205 respectivamente.

Desde el punto de vista económico, el cultivo de canola presentó las siguientes ventajas comparativas para la empresa: la rentabilidad lograda con este cultivo fue en todos los años (salvo 1996), mayor o igual a la lograda cultivando trigo; los rendimientos obtenidos a lo largo de los años fueron también más estables que los de trigo; las condiciones de comercialización implicaron un riesgo mínimo; se diversificó la producción del establecimiento, haciéndolo menos sen-

sible a posibles fracasos en los distintos rubros; se hizo posible la realización de dos cultivos en un año, o tres en dos años; y se pudo controlar gramíneas de invierno en una forma relativamente barata y segura. Esto ha llevado a tomar la decisión de aumentar en el futuro el área de cultivo esta oleaginosa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración del Sr. Juan Aguirre.

Impreso en los talleres gráficos de
Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Montevideo Uruguay

Edición Amparada al Decreto 218/98

Depósito Legal 310.518/99