

## Artículos técnicos



María B.  
Agosti



Nora V.  
Gómez



María del P.  
Vilariño



Débora P.  
Rondanini



Daniel J. Miralles

M. B. Agosti<sup>1</sup>, N. V. Gómez<sup>1</sup>, M. P. Vilariño<sup>1</sup>, D. P. Rondanini<sup>1,2</sup>, D. J. Miralles<sup>1,2,3</sup>

1) Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UBA

2) CONICET

3) IFEVA/FAUBA. mbagosti@agro.uba.ar

# Variabilidad del rendimiento y estabilidad de la calidad de grano en genotipos comerciales de colza-canola (*Brassica Napus* L.) en Argentina

## RESUMEN

En la comercialización del grano de colza-canola, la calidad influye fuertemente en el precio y el uso final del grano. La bonificación por calidad es un incentivo para los productores siempre que logren rendimientos atractivos. Sin embargo, hasta el momento existen pocos estudios en el país que analicen la variabilidad del rendimiento y la calidad de grano en diferentes genotipos y prácticas de manejo. En este trabajo se analizó el contenido de aceite, proteína, glucosinolatos y perfil de ácidos grasos mediante experimentación que combinó: 1) 20-24 genotipos comerciales disponibles en Argentina, 2) cambios en la fecha de siembra (abril-julio) y 3) alta fertilización nitrógeno-azufra (hasta 279 kg N ha<sup>-1</sup> y 60 kg S ha<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron gran variabilidad en los rendimientos (promedio de 2.500 ± 140 kg ha<sup>-1</sup> en un rango de 700 a 4.500 kg ha<sup>-1</sup>) y % de aceite (36-52 %, base seca) entre genotipos. Fechas de siembra tardías redujeron el % de aceite, asociado a altas temperaturas postfloración. La fertilización nitrogenada aumentó el rendimiento y disminuyó el % de aceite, aunque se obtuvieron valores de aceite bonificables (>43 %). Bajos valores de aceite se asociaron con altas proteínas (18-26% base seca) ante cambios en fertilización y fecha de siembra. Pese a la variabilidad genotípica y ambiental, el contenido de glucosinolatos se mantuvo debajo de 20 micromoles gramo<sup>-1</sup> y la composición de ácidos grasos fue poco variable entre genotipos, fertilización y fechas de siembra. Los altos niveles de ácido oleico (63-67 %), bajos saturados (<8 %) y altos omega 3+6 (23-28 %) lo destacan como aceite de muy buena calidad comestible e industrial. Concluimos que es posible producir colza-canola de buena calidad con los genotipos disponibles en Argentina, bajo una correcta elección de genotipo y oferta ambiental que maximicen el rendimiento y el % de aceite.

## Palabras Clave:

*Brassica napus* L., colza-canola, calidad, variabilidad genotípica, fecha de siembra, fertilización, contenido de aceite, perfil de ácidos grasos.

## ABSTRACT

In rapeseed marketing, quality strongly influences the price and the end use of grain. The quality bonus is an incentive for producers always achieves attractive grain yields. However,

so far there are few studies in Argentina to analyze the variability of yield and grain quality in different genotypes and management practices. In this work grain yield, oil content, protein, glucosinolate and fatty acid profile were analyzed in three different experimental conditions: 1) 20-24 genotypes commercially available in Argentina, 2) changes in planting date (April or July) and 3) high-sulfur and nitrogen fertilization (up to 279 kg N ha<sup>-1</sup> and 60 kg S ha<sup>-1</sup>). The results showed great variability in grain yield (average of 2,500 ± 140 kg ha<sup>-1</sup> in a range from 700 to 4,500 kg ha<sup>-1</sup>) and oil percentage (36-52 % on dry basis) between genotypes. Late planting dates reduced oil content, associated with high temperatures post-flowering. Nitrogen fertilization increased yield and decreased oil content, although values above the standard were reached (> 43%). Low oil values were associated with high protein (18-26% dry basis) in fertilization and planting date experiments. Despite the genotypic and environmental variability, the glucosinolate content was kept below 20 micromoles g<sup>-1</sup> and fatty acid composition was almost constant among genotypes, fertilization rates and planting dates. High levels of oleic acid (63-67%), low saturated (<8%) and high omega 3+6 (23-28%) do stand out as very good quality oil edible and industrial. We conclude that it is possible to produce high-quality rapeseed-canola from genotypes available in Argentina, under a proper choice of genotype and environmental supply to maximize grain yield and oil content.

#### Key words:

*Brassica napus* L., oilseed rape, canola, quality, genotypic variability, planting date, fertilization, oil content, fatty acid profile.

### Introducción

La calidad del grano en colza-canola, está definida principalmente por el porcentaje de aceite, el contenido de glucosinolatos y el perfil de ácidos grasos. Las normas de comercialización en Argentina establecen una base de 43% de aceite sobre sustancia seca y limpia y se tolera hasta 2% de ácido erúico y 20 µmoles gramo<sup>-1</sup> de grano a 8,5 % de humedad de glucosinolatos (SAGPyA, 1993). Un aceite de calidad para consumo humano será aquel que no contenga ácido erúico, y que contenga bajos niveles de ácidos grasos saturados y una alta proporción de omega 3+6 (Gómez, 1993; McDonald, 1995). Para su uso como biocombustibles también se requieren bajos niveles de ácidos grasos saturados y altos monoinsaturados (Körbitz, 1995). Para ambos usos, el grano será de mejor calidad si el porcentaje de aceite es alto y si el contenido de glucosinolatos es bajo, porque permite utilizar la harina de extracción para alimentación animal.

Si bien el cultivo se conoce en Argentina hace décadas, el constante recambio de genotipos, introducidos de diferentes partes del mundo debido al incipiente mejoramiento a nivel local, junto con las fluctuantes condiciones agroclimáticas y las diferentes prácticas de manejo (ferti-

lización, fecha de siembra), hacen difícil evaluar las posibilidades de obtención de rendimientos aceptables y calidad de grano bonificable sostenible en el tiempo. El logro de buenos rendimientos y alta calidad harían atractivo al cultivo para los productores, aumentando el volumen producido y permitiendo a la industria aceitera desarrollar el mercado para este grano, para el cual Argentina tiene gran potencial.

### Objetivos

El objetivo del trabajo fue evaluar la variabilidad del rendimiento y la calidad de colza-canola en ensayos realizados en condiciones de campo y semi-controladas evaluando: entre 20 y 24 genotipos comerciales disponibles en Argentina en dos años (*experimento 1*), 6 genotipos de ciclo contrastante en dos fechas de siembra (abril-julio, *experimento 2*) y alta disponibilidad de nutrientes con fertilización nitrógeno-azufrada (hasta 279 kg ha<sup>-1</sup> N y 60 kg ha<sup>-1</sup> S, *experimento 3*).

### Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en el campo experimental de la Facultad de Agronomía, UBA, en Buenos Aires (34°35'S, 58°29'O). Para la evaluación de genotipos comerciales de colza-canola (*Exp. 1*) se

sembraron durante 2 años (2007 y 2008) parcelas a campo (DBCA con 3 repeticiones) utilizando 20 (año 2007) y 24 genotipos (año 2008) de distinta duración del ciclo (invernales, primaverales medios y primaverales cortos), provenientes de seis semilleros comerciales representados en Argentina. Las fechas de siembra (FS) fueron el 19/05/07 y el 17/04/08. En el *Exp. 2*, se evaluaron 2 genotipos primaverales cortos (PC A y PC B), 2 primaverales medios (PM A y PM B), y 2 invernales (INV A e INV B) en dos fechas de siembra (FS 1: 30/4/08 y FS 2: 1/7/08), utilizando un DBCA con 3 repeticiones. Los genotipos se clasificaron de acuerdo a la duración del ciclo (siembra-madurez fisiológica) utilizando el modelo de predicción de fenología Cronocanola © (Miralles *et al.*, 2009). Para evaluar la respuesta a la fertilización nitrógeno-azufrada (*experimento 3*), se sembraron durante 3 años (2006 a 2008) una variedad (Var) y un híbrido (Hib), ambos primaverales intermedios, en un diseño DCA con 3 repeticiones. Los materiales se cultivaron en contenedores de 200 L de capacidad con sustrato de tierra y arena, y se regaron con soluciones nutritivas de distinta composición durante todo el ciclo del cultivo. Los tratamientos de baja fertilización con nitrógeno (N0) fueron de 47-67 kg N ha<sup>-1</sup>, y los tratamientos de alta fertilización (N1) se incrementaron desde 149 kg de N ha<sup>-1</sup> en 2006



hasta 279 kg N ha<sup>-1</sup> en 2008. El nivel alto de azufre los tres años fue de 50-60 kg S ha<sup>-1</sup>. Los tres experimentos fueron conducidos en condiciones potenciales, sin limitaciones hídricas ni nutricionales y protegidos de plagas, malezas y enfermedades. En todos los casos se evaluó el rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>), % de aceite (en base seca) y perfil de ácidos grasos (por cromatografía gaseosa). En los *Exp. 1 y 3* se determinó el contenido de glucosinolatos (por HPLC, Lab. Cámara Arbitral de Bahía Blanca) y en los *Exp. 2 y 3* se cuantificó también el % de proteína del grano (por Kjeldahl, Lab. Producción Vegetal, FAUBA). Los resultados de rendimiento se analizaron mediante ANOVA, y la calidad se analizó mediante estadística descriptiva (media  $\pm$  1 error estándar). Se ajustaron regresiones lineales a las relaciones aceite-proteína y aceite-temperatura postfloración (*Exp. 2 y 3*), rendimiento-N disponible y aceite-N disponible (*Exp. 3*).

### Resultados y Discusión

La evaluación de genotipos comerciales de colza-canola disponibles en Argentina (*Exp. 1*) mostró una gran variabilidad en el rendimiento en grano entre genotipos y años, con rangos de 710-2.300 kg ha<sup>-1</sup> en 2007 y 2.000-4.500 kg ha<sup>-1</sup> en 2008 (Figura 1). El rendimiento promedio de todos los genotipos en ambos años fue de 2.479  $\pm$  140 kg ha<sup>-1</sup> y el coeficiente de variación fue de 37%. Esta gran variabilidad de rendimiento también se observa en lotes de producción a campo, siendo el rendimiento promedio a nivel nacional de los últimos 10 años de 1.400 kg ha<sup>-1</sup> (MAGyP, 2010), pero muy variable entre zonas de cultivo, fechas de siembra y años (Iriarte y Valetti, 2008). El contenido de aceite también fue variable en ambos años, alcanzando valores máximos de 52% y niveles mínimos de 46% en 2007 y 41% en 2008 (Figura 1). Los valores más bajos de aceite en 2008 corresponden a genotipos invernales de ciclos muy largos expuestos a altas temperaturas (máximas > 30°C) durante el período postfloración (octubre-noviembre). Este es un aspecto importante a tener en cuenta, ya que materiales sembrado muy tardí-

amente o cultivares invernales de ciclos largos debido a su requerimiento de vernalización sembrados en áreas no aptas para cumplimentar dichos requerimientos, podrían no solo comprometer su rendimiento sino también la calidad del cultivo. De allí la importancia de ajustar inicialmente la fenología de los materiales de modo que se adapten a las zonas donde serán sembrados.

La modificación de la fecha de siembra en 6 genotipos con distinta duración de ciclo (*Exp. 2*) causó caídas del rendimiento al atrasar la fecha de siembra, especialmente en un cultivar de primavera corto (PC A) que obtuvo rendimientos de 4.030 y 2.753 kg ha<sup>-1</sup>, para la fecha de siembra temprana y tardía, respectivamente (Figura 2a). En los genotipos invernales, altas temperaturas durante el período postfloración causaron los rendimientos más bajos del conjunto (1.300 kg ha<sup>-1</sup>) y en la siembra tardía (julio) no alcanzaron la floración debido a que no cumplieron los requerimientos de vernalización para florecer. El contenido de aceite se ubicó cercano a la base (43%)

en la siembra temprana, pero disminuyó 2-7 puntos porcentuales en la siembra tardía y en el genotipo invernacional más largo. La reducción del % de aceite entre genotipos y fechas de siembra se asoció negativamente con la temperatura media del período postfloración. Trabajos en otras zonas productoras de colza-canola, como Australia, también señalan la alta sensibilidad del rendimiento y % de aceite a la temperatura durante el período de floración y crecimiento de los granos (Aksouh *et al.*, 2001). Por ello, es de suma importancia la correcta elección de genotipos y fechas de siembra que por un lado (i) permitan completar correctamente el ciclo de los materiales elegidos (por ejemplo asegurarse de satisfacer los requerimientos de vernalización de los cultivares invernales) y (ii) evitar que los períodos críticos de postfloración coincidan con temperaturas excesivamente altas que afectan el rendimiento en grano y el % de aceite. La modificación de la oferta nutricional al cultivo (*Exp. 3*) mostró una respuesta lineal positiva del rendimiento a la fertilización nitrogenada en ambos genotipos

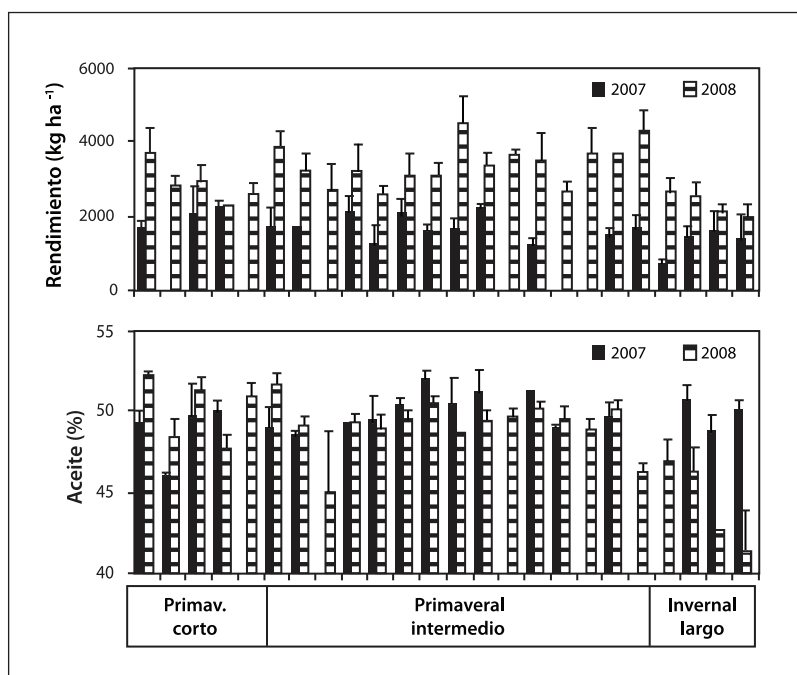


Figura 1. Rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>) y contenido de aceite (% base seca) para genotipos de ciclo primavera corto, primavera intermedio e invernal largo cultivados en Buenos Aires en 2007-2008 (*Exp. 1*). Se muestra la media  $\pm$  error estándar

primaverales intermedios (Figura 3a). Esta respuesta lineal se asemeja a la hallada por Hocking *et al.* (1997) y Zhao *et al.* (1993), aunque en condiciones de campo estos autores encontraron un límite de respuesta con dosis de 75 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el presente estudio los rendimientos fueron de 2.200 a 4.800 kg ha<sup>-1</sup> en el rango de 47 a 279 kg de N ha<sup>-1</sup>, con una tasa de incremento del rendimiento de 8,3 kg de grano por kg de N aplicado (Figura 3a). A diferencia del rendimiento, el contenido de aceite (%) se asoció negativamente con la cantidad de nitrógeno disponible, cayendo de 49 a 42

% (Figura 3b). Reducciones similares del % de aceite en los granos fueron encontrados por Tribol y Tribol-Blondel (2002) en planteos de alta fertilización nitrogenada. El mayor nivel de azufre aportado en el Exp. 3 no tuvo efectos significativos sobre el rendimiento ni la calidad del grano (datos no mostrados) existiendo en la literatura discrepancias acerca del nivel de respuestas observadas al agregado de azufre (Malhi *et al.*, 2007; Blake-Kalff *et al.*, 2000).

Los contenidos de aceite y proteína del grano se asociaron lineal y negativamen-

te, en una misma recta que ajustó relativamente bien ( $r^2=0.51$ ) a todos los datos de los Exp. 2 y 3 (Figura 4). La tasa de caída fue de -1,3 puntos porcentuales de aceite por cada punto de aumento de proteína, lo que significó una reducción más que proporcional del aceite. Esta tasa de caída es algo mayor a la encontrada por otros autores (Si *et al.*, 2003; Tribol-Blondel y Renard, 1999) y señala la importancia de ajustar la elección de genotipos, fechas de siembra y nivel de fertilización nitrogenada para lograr un contenido de aceite bonificable, superior a la base de comercialización (>43%). También es

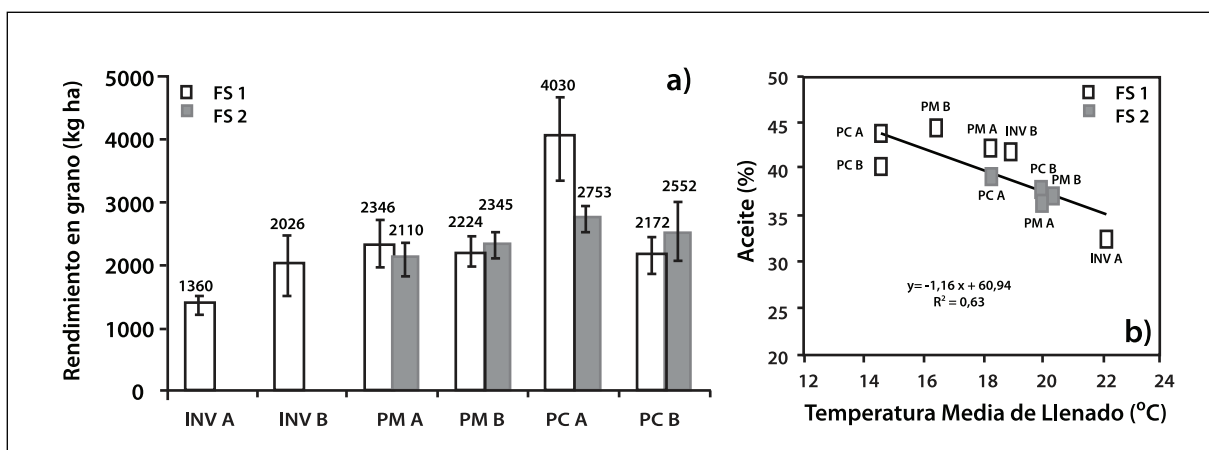


Figura 2. a) Rendimiento en grano y b) relación contenido de aceite (% en base seca)-temperatura media postfloración para 6 genotipos (2 invernales: INV A e INV B; 2 primaverales medios: PM A y PM B y 2 primaverales cortos: PC A y PC B) en 2 fechas de siembra (FS 1: 30/4/08 y FS 2: 1/7/08; Exp. 2). Se muestra la media  $\pm$  error estándar (a) y el ajuste lineal a los datos (b)

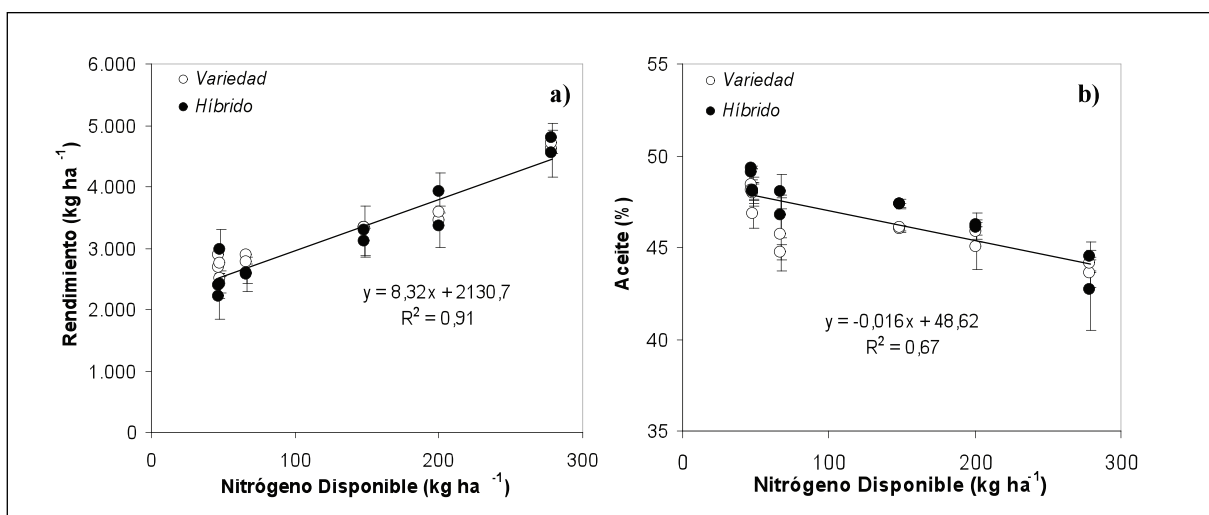
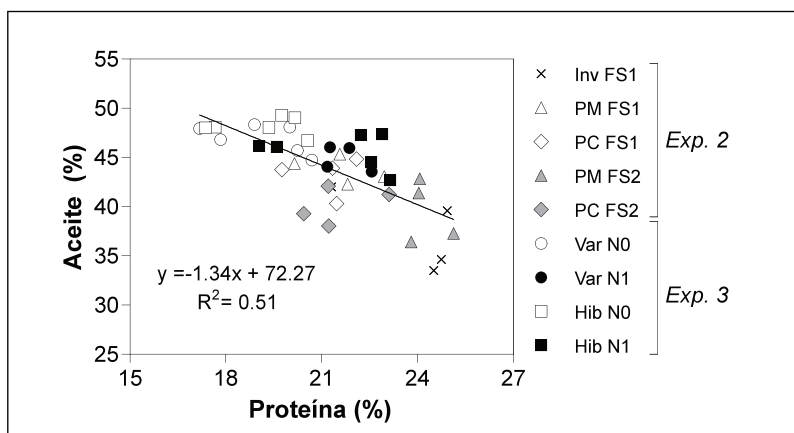


Figura 3. a) Rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>) y b) y contenido de aceite (% base seca) en función del nitrógeno disponible (kg ha<sup>-1</sup> N) en 2 genotipos primaverales intermedios (variedad: símbolos vacíos e híbrido: símbolos negros) en tres años experimentales (2006, 2007 y 2008). Cada punto es la media  $\pm$  el error estándar





**Figura 4. Relación entre el contenido de aceite y proteína del grano (ambos en % base seca). Los datos corresponden al Exp. 2 (genotipos invernales-INV, primaverales intermedios-PM y primaverales cortos-PC en 2 fechas de siembra: FS1 y FS2) y al Exp. 3 (2 genotipos primaverales intermedios: variedad-Var e híbrido-Hib en 2 disponibilidades de N: baja-N0 y alta-N1)**

importante remarcar que si en el balance de ambos atributos, la oferta de nutrientes aumenta más que proporcionalmente el rendimiento respecto de la reducción generada en el contenido de relativo de aceite en los granos, el rendimiento de aceite será mayor en cultivos fertilizados respecto de aquellos no fertilizados. Este balance dependerá del nivel de oferta de nitrógeno disponible que determinará el grado de respuesta al agregado del mismo y de la tasa de caída en el porcentaje de aceite.

El contenido de glucosinolatos en los granos (compuestos azufrados antinutricionales típicos de la familia de las Brassicas) se ubicó dentro del límite de comercialización para colza-canola (<20 micromoles g<sup>-1</sup> de grano), aunque se observaron valores algo elevados especialmente en genotipos invernales (Tabla 1). Los niveles de glucosinolatos no se elevaron en los tratamientos de fertilización azufrada (Exp. 3) coincidiendo con otros autores que no observaron respuesta en genotipos modernos de colza-canola seleccionados genéticamente para el carácter bajo glucosinolatos (Malhi *et al.*, 2007). La composición de ácidos grasos del aceite se mostró remarcablemente constante entre genotipos, experimentos y años (Tabla 1). El ácido erúico (ácido graso antinutricional) se mantuvo bien por debajo de los límites permitidos (<2%) siendo indetectable en la mitad de los casos. Los ácidos

grasos saturados no excedieron el 8%, mostrando valores cercanos al indicado por el Canola Council de Canadá como beneficiosos para la salud por ser aceites hipocolesterolémicos. Los niveles de ácido oleico, el ácido graso mayoritario, se ubicaron entre 63-67%, mientras que los ácidos grasos omega 3+6 (linoleico+linolénico) se ubicaron alrededor del 25% (Tabla 1). Comparados con los valores orientativos del Canola Council, los aceites de genotipos comerciales presentes en Argentina tuvieron una mayor relación de ácidos mono/poliinsaturados, lo cual eleva la estabilidad oxidativa del aceite y le permite alcanzar los bajos niveles de índice de yodo requeridos para la elaboración de biodiesel.

Esta composición ácida estable para un diverso número de genotipos y condiciones ambientales contrasta con lo observado en otros granos oleaginosos como girasol, donde la composición de ácidos grasos, y especialmente el nivel de oleico, varía enormemente ante cambios de la temperatura durante el período postfloración (Lajara *et al.*, 1990; Izquierdo *et al.*, 2005) en el mismo rango que el observado en el Exp. 2 (14-22°C). Así, la composición estable del aceite de canola entre genotipos y ambientes brinda la posibilidad de elegir genotipos, fechas de siembra y prácticas de manejo que maximicen el rendimiento y el % de aceite, sin temor a modificaciones detrimentales en la calidad.

## Conclusiones

Los resultados de este trabajo permitieron observar una importante variabilidad de los rendimientos y % de aceite ante variaciones del genotipo, fecha de siembra y el nivel de fertilización. La composición de ácidos grasos y factores antinutricionales (glucosinolatos y ácido erúico) fueron atributos mucho más estables en todos los materiales (no registrándose grandes diferencias entre ellos) ante cambios en las variables de manejo aplicadas (fertilización y fechas de siembra). Es necesario ubicar las etapas críticas para la determinación del rendimiento del cultivo en ventanas climáticas adecuadas para cubrir sus requerimientos y evitar estreses. Para ello, en Argentina, existe una amplia gama de genotipos de colza-canola, de diferente duración de ciclo y tipo de crecimiento (Miralles *et al.*, 2009) que permitirán, con una correcta elección de la fecha de siembra, lograr rendimientos estables (Agosti *et al.*, 2009). Genotipo y fecha de siembra son dos herramientas clave para maximizar los rendimientos en canola, especialmente en genotipos invernales que requieren cubrir sus requerimientos de vernalización para florecer. La fertilización nitrogenada es otra herramienta que permite aumentar los rendimientos sin riesgo de afectar la calidad, si se mantienen % de aceite bonificables. Es importante cuantificar de respuesta en el rendimiento ante la aplicación de fertilizantes y contrastar con la reducción en el % de aceite de modo de establecer las respuestas relativas y absolutas entre ambos atributos de modo de incrementar el contenido de aceite en términos absolutos y maximizar el ingreso de modo de compensar eventuales pérdidas por penalización en el % de aceite de los granos. Los altos rendimientos máximos (4000 kg ha<sup>-1</sup>) y porcentajes de aceite (>50%) obtenidos en los tres experimentos, permiten concluir que es posible lograr rendimientos atractivos y bonificación por calidad en canola en Argentina bajo una correcta elección de genotipo y oferta ambiental que disminuya la variabilidad en los rendimientos sin riesgo de afectar la calidad.

**Tabla 1. Composición de granos de colza-canola de distintos genotipos provenientes de experimentos de evaluación fenotípica (Exp.1), fechas de siembra (Exp. 2) y fertilización nitrógeno-azufrada (Exp. 3) realizados en Buenos Aires entre 2006-2008**

Genotipos	Exp.	Año	n	Glucosinolatos (umol g <sup>-1</sup> )	Ácidos saturados (%)	Ácido oleico (%)	Ácidos omega 3+6 (%)	Ácido erúcico (%)
Invernales	Exp. 1	2007	3	6,6 ± 0,7	7,3 ± 0,3	65,9 ± 0,7	25,3 ± 0,3	0,1 ± 0,1
	Exp. 1	2008	4	13,7 ± 0,9	7,7 ± 0,3	66,9 ± 1,0	24,0 ± 0,8	0,0 ± 0,0
	Exp. 2	2008	2	----	8,0 ± 0,6	67,0 ± 2,6	23,5 ± 2,0	0,0 ± 0,0
Primaverales medios	Exp. 1	2007	11	5,3 ± 0,7	7,2 ± 0,1	64,3 ± 0,4	26,8 ± 0,3	0,2 ± 0,1
	Exp. 1	2008	15	4,9 ± 0,9	6,9 ± 0,1	63,3 ± 0,3	28,0 ± 0,3	0,2 ± 0,1
	Exp. 2	2008	2	----	7,4 ± 0,1	63,2 ± 0,6	27,5 ± 0,6	0,2 ± 0,1
	Exp. 3	2006	2	5,2 ± 0,3	7,9 ± 0,1	63,4 ± 0,2	26,5 ± 0,3	0,5 ± 0,1
	Exp. 3	2007	2	4,1 ± 0,3	7,1 ± 0,0	63,9 ± 0,3	26,2 ± 0,1	0,7 ± 0,2
	Exp. 3	2008	2	2,9 ± 0,2	7,4 ± 0,0	63,7 ± 0,3	26,6 ± 0,2	0,5 ± 0,2
Primaverales cortos	Exp. 1	2007	4	3,8 ± 0,7	7,4 ± 0,2	65,6 ± 0,9	25,7 ± 1,0	0,0 ± 0,0
	Exp. 1	2008	5	3,0 ± 0,4	7,2 ± 0,2	63,0 ± 0,5	28,4 ± 0,6	0,0 ± 0,0
	Exp. 2	2008	2	----	7,5 ± 0,3	63,8 ± 0,4	27,2 ± 0,6	0,0 ± 0,0
Valores indicativos				<20	7	61	32	<2

Se indica el número de genotipos evaluados (n), valores de glucosinolatos y ácido erúcico de la base de comercialización de canola (norma VIII) y valores indicativos de composición de ácidos grasos (Canola Council). Se muestra la media ± el error estándar.

Agradecemos la asistencia de JI Maqueda, L Tyrrell, A Ayerza, T Bracco, R Plaza de Ayala, F Bonamico, R Karamanukian, L. Pedace, D. Fernandez-Abelión y D. Castro; la cooperación de la Cámara Arbitral de Bahía Blanca; y el financiamiento de UBACyT, ANPCyT, CONICET y Federación de Acopiadores de Buenos Aires.

## Referencias

- AGOSTI M.B., GÓMEZ N.V., VILARIÑO M.P. (2009). Fenología del cultivo de colza-canola. En Trigo y Cultivos Invernales. Revista Técnica en SD. AAPRESID: Mayo 2009. pp 29-36.
- AKSOUH, N. M.; B.C. JACOBS; F.L. STODDARD and R.J. MAILER. (2001). Response of canola to different heat stresses. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 817-824.
- BLAKE-KALFF, M.M.A., M.J. HAWKESFORD, F.J. ZHAO and S.P. MCGRATH. (2000). Diagnosing sulfur deficiency in field-grown oilseed rape (*Brassica napus* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil* 225: 95-107.
- GÓMEZ N.V. (1993). La colza y los glucosinolatos. *Revista Oleaginosos* N°5, agosto 1993. p 23-25
- GÓMEZ N.V., MIRALLES D.J. (2006). Colza. En Cultivos Industriales. E. de la Fuente et al. (Eds). Ed. Facultad de Agronomía, UBA. p 182-216.
- HOCKING P.J., RANDALL P.J., DEMARCO D. (1997). The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Res.* 54: 201-220.
- IRIARTE L. y O. VALETTI. (2008). Tecnología de cultivo. En: Cultivo de Colza. Eds. Iriarte L. y O. Valetti. Chacra Experimental Integrada Barrow. Convenio MAAyP-INTA. pp. 55-68.
- IZQUIERDO N., AGUIRREZÁBAL L.A.N. (2005). Composición en ácidos grasos del aceite de híbridos de girasol cultivados en Argentina. Caracterización y modelado. *Aceites y Grasas* 59: 25-30.
- KÖRBITZ W. (1995). Utilization of oil as a bio-diesel fuel. En: Brassica Oilseed. Production and Utilization. D. Kimber and D.I. McGregor (Eds). *Cab International*. pp 394.
- LAJARA J., DÍAZ U., QUIDIELLO R. (1990). Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition on sunflower seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 67: 618-623.
- MAGYP. (2010). Estadísticas de producción de cultivos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. [en línea] [consulta: febrero de 2010] <<http://www.minagri.gob.ar/>>
- MALHI S.S., GAN Y., RANEY J.P. (2007) Yield, seed quality, and sulfur uptake of Brassica oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agron J.* 99:570-577.
- MIRALLES D.J., GÓMEZ N.V., VILARIÑO M.P., AGOSTI M.B., de ABALLEYRA D. (2009) CRO-
- NOCANOLA© Sistema experto para predecir fenología en Canola [www.agro.uba.ar/catedras/cerealicultura/servicios](http://www.agro.uba.ar/catedras/cerealicultura/servicios). Registro de Propiedad Intelectual 783214/09.
- MCDONALD D. (1995). Oil properties of importance in human nutrition. En: Brassica Oilseed. Production and Utilization. D. Kimber and D.I. McGregor (Eds). *Cab International*. pp 394.
- SAGPyA (1993) Norma de Calidad de Colza "007/Canola, Norma VIII del Estándar Argentino (Ley 1.075/94 y modificatorias).
- SI P., MAILER R.J., GALWEY N., TURNER D.W. (2003). Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations or canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 54: 397-407.
- TRIBOI E., y TRIBOI-BLONDEL A.M. (2002). Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem-invited paper. *European Journal of Agronomy* 16: 163-186.
- TRIBOI-BLONDEL A.M., RENARD M. (1999). Effects of temperature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil. In: Proc. 10th Int. Rapeseed Congress. Camberra, Australia. CD.
- ZHAO F.J., EVANS E.J., BILSBORROW P.E., SYERS J.K. (1993). Influence of sulphur and nitrogen on seed yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J Sci Food Agric* 63: 29-37.