

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

Interacción genotipo por fecha de siembra de colza en Río Cuarto

**Nicolás Bianchotti
DNI: 32546866**

Director: Oscar Giayetto

**Río Cuarto-Córdoba
Febrero 2012**

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL	ii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
SUMMARY	vi
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivo Específicos	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Mediciones del clima	6
Mediciones del suelo	6
Mediciones del cultivo	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
Condiciones meteorológicas	8
Fenología	10
Biomasa	12
Intercepción de la RFA	14
Eficiencia del uso de la radiación	17
Componentes del rendimiento	18
Número de plantas	18
Número de silicuas por planta y superficie	18
Número de semillas por silicua	18
Número de semillas por superficie	19
Peso individual de las semillas	19
Rendimiento de semillas por hectárea	20
CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Datos medios normales decádicos de temperaturas y lluvias (serie 1977-2006) para el período comprendido entre el 20 de abril y el 20 de octubre en Río Cuarto. Las flechas verticales indican las fechas medias de primera y última helada, respectivamente.	8
Gráfico 2. Datos meteorológicos decádicos registrados durante la estación de crecimiento 2009 de colza en Río Cuarto (temperatura del aire, mínima y media, radiación solar incidente y lluvias). Las flechas verticales indican las tres fechas de siembra y la madurez fisiológica de las dos primeras.	9
Gráfico 3. Cambios en el contenido de agua del perfil del suelo (hasta 1 m de profundidad) en función de la ontogenia del cultivo (DDS) para las dos primeras fechas de siembra y los cultivares evaluados (CC: ciclo corto-Rivette; CL: ciclo largo-Biolza; Elo: elongación; MF: madurez fisiológica). <i>Letras diferentes entre columnas para una misma etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$).</i>	10
Gráfico 4. Duración de las etapas fenológicas de cada cultivar (CC: ciclo corto-Rivette, CL: ciclo largo-Biolza) y fecha de siembra durante el ciclo de crecimiento 2009 en Río Cuarto (0= 21/04/2009). <i>S: siembra, E: emergencia, Elo.: elongación del tallo, Flor.: floración y MF: madurez fisiológica.</i>	11
Gráfico 5. Producción de biomasa aérea en función del tiempo desde la siembra (en días) para los dos cultivares y ambas fechas de siembra (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: ciclo corto-Rivette y CL: ciclo largo-Biolza) del ciclo 2009 en Río Cuarto.	13
Gráfico 6. Dinámica de la captura de RFA de los cuatro tratamientos (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: Rivette y CL: Biolza) en función del tiempo desde la siembra (21/04/2009).	15
Gráfico 7. Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA _i) acumulada durante el ciclo del cultivo en cada uno de los tratamientos (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: Rivette y CL: Biolza) ciclo 2009.	15
Gráfico 8. EUR de la RFA _i de los cuatro tratamientos: (a) 1° FS-Rivette; (b) 1° FS-Biolza; (c) 2° FS-Rivette y (d) 2° FS-Biolza.	17
Gráfico 9. Número de plantas por metro cuadrado a madurez fisiológica para cada uno de los tratamientos. <i>Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$).</i>	18

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Resultados del ANAVA aplicado a la duración (días) de los estadios fenológicos en respuesta a la fecha de siembra y los cultivares.	12
Tabla 2. Resultados del ANAVA aplicado a la biomasa aérea producida por cada cultivar en las dos fechas de siembra. Valores en g/m ² .	13
Tabla 3. Resultados del ANAVA aplicado a la RFA _i acumulada durante el ciclo de la colza en cada fecha de siembra y cultivar. Valores en MJ/m ² .	16
Tabla 4. Resultados del ANAVA aplicado a los componentes del rendimiento y a la producción de semillas de colza en función de la fecha de siembra y el genotipo.	19

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron, bajo condiciones de secano, cultivares de colza (*Brassica napus* L.) en el campo experimental de la UNRC, localizado en el Departamento Rio Cuarto, próximo a la localidad de Las Higueras (Córdoba). El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, los tratamientos evaluados fueron seis combinaciones de los dos factores estudiados: fecha de siembra, FS (3 niveles): 20/04/2009, 06/05/2009, 29/05/2009 y cultivar (2 niveles): Rivette (corto) y Biolza (Intermedio-largo), ambos producidos por la empresa Bioproductos. En los mismos se registraron las sucesivas etapas de crecimiento y desarrollo, y en cada una de éstas se cuantificó biomasa producida, interceptación de la radiación fotosintéticamente activa por el cultivo y con esos datos se calculó la eficiencia de uso de la radiación (EUR). También se estimaron y cuantificaron los componentes del rendimiento de semilla de los tratamientos, siendo la variación del peso de 1000 semillas mínima en relación con el número de semillas por m². En la primera FS se obtuvo una producción de 508 kg/ha, un 55% superior a la producción de la siembra de mayo; y el cultivar de CL Biolza rindió, en promedio, 473 kg/ha, superando a Rivette con 262 kg/ha. La EUR de la RFA interceptada fue semejante para todos los tratamientos, pero en valores absolutos fueron menores a los esperados debido a que el cultivo creció soportando un severo estrés hídrico que afectó la fotosíntesis foliar y se tradujo en menor cantidad de biomasa producida por unidad de radiación interceptada. Biolza en la primera FS superó al resto (1,02 g/m²/Mj); y al atrasar la FS, la EUR decae. En términos generales, en siembras de abril se comportan mejor genotipos de ciclo largo, mientras que en siembras más tardías, es recomendable usar genotipos de ciclo intermedio a corto.

SUMMARY

In the present study were evaluated under rainfed conditions cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) in the experimental field of the UNRC, located in the Rio Cuarto Department, near the town of Las Higueras (Córdoba). The experimental design was randomized blocks, the treatments were six combinations of the two factors studied: planting date (3 levels): 20/04/2009, 06/05/2009, 29/05/2009 and cultivar (2 levels), Rivette (short) and Biolza (intermediate-long), those produced by the company Bioproducts. Recorded in the same successive stages of growth and development, and in each of the biomass produced were quantified, interception of photosynthetically active radiation by the crop and these data were calculated the EUR. Also estimated and quantified seed yield components of treatment, and the variation of the minimum weight of 1000 seeds in relation to the number of seeds per m². In the first sowing date was obtained a yield of 508 kg/ha, 55% higher than the yield of the May planting, and cultivar Biolza paid, on average, 473 kg/ha beating Rivette with 262 kg/ha. With data from biomass and intercepted RFA, EUR was calculated, which was similar for all treatments, but in terms of absolute values were lower than expected due to severe water stress during crop season which affected photosynthesis leaf and this resulted in lower amount of biomass produced per unit intercepted radiation. Biolza the first beat to the rest (1.02 g/m²/Mj) and that by delaying with sowing date, the EUR fell. Overall, April sowings behave better long-cycle genotypes, whereas in later sowings, should be use intermediate to short cycle genotypes.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la colza es la oleaginosa de ciclo invierno-primaveral de mayor importancia y expansión en los últimos años. Su cultivo está cobrando cada vez más importancia, previéndose un incremento en la superficie sembrada (Dronne y Gohin, 2005). Es ampliamente reconocida como una alternativa de los cereales de invierno en la mayoría de las regiones agrícolas de clima templado (Miralles *et al.*, 2001).

A fines de la década del 60, y a raíz de los trabajos de mejoramiento realizados en Canadá, se obtuvieron variedades de bajo contenido de ácido erúxico y glucosinolatos que llevó a denominar CANOLA (*Canadian Oil Low Acid*) a las variedades con esas características (Busch *et al.*, 1994).

El cultivo cobró un nuevo impulso con la intención de obtener energía a partir de recursos renovables, como los aceites vegetales, donde la colza cumple con todos los requisitos de calidad para la elaboración de biocombustibles (Körbitz, 1999).

Esta situación genera una competencia en el destino de los aceites vegetales, donde el aceite de colza, principalmente utilizado para el consumo humano, podría destinarse en parte a la elaboración de biodiesel (Gunstone, 2004). Se genera, entonces, una demanda de materia prima donde principalmente los países europeos estarían apuntando sus necesidades de importación desde el hemisferio sur. Así, Argentina surge como uno de los principales proveedores potenciales de colza de esa región.

La historia del cultivo de colza en la Argentina es bastante extensa, ya que se cultiva desde la década del 30 (Iriarte y Valetti, 2006). En los estudios realizados hasta el presente se ha demostrado la factibilidad de incorporar el cultivo en los sistemas de producción de varias regiones del país con resultados agroeconómicos favorables. Actualmente, las condiciones que se proponen para la comercialización interna del cultivo de colza son mucho más positivas que en años anteriores a lo que se le suma un precio transparente originado en los mercados europeos.

Estas condiciones comerciales deberían estar acompañadas de la tecnología apropiada que garantice el éxito del cultivo en nuestro país. De esta manera, resulta necesario investigar aspectos del manejo de este cultivo que permitan definir la potencialidad de producción de colza en distintos ambientes regionales, particularmente en aquellas zonas donde los antecedentes son escasos.

En tal sentido, el presente trabajo se propone evaluar el comportamiento de diferentes genotipos en distintas fechas de siembra para el ambiente de Río Cuarto (Córdoba).

Antecedentes

La colza es una especie originaria de Eurasia cuyo destino principal es la producción de aceite de primera calidad siendo también una excelente fuente proteica para la alimentación animal y del hombre.

Los primeros usos que se le dieron fueron para la iluminación, alimentación y combustible, pero actualmente se la utiliza para la producción de aceite comestible de primera calidad, harina y producción de biocombustibles.

La producción se centra en los países asiáticos, China e India, con el 41% de la producción mundial, un 25% en la Unión europea (Francia, Alemania, Inglaterra y Suecia) y Canadá que produce un 20% (Valetti, 1996).

La colza figura entre los primeros cultivos aprovechados por el hombre y hay evidencias de su uso en la India, varios siglos antes de Cristo, pasando a China y Japón en el comienzo de la era cristiana. Más tarde se cultivó en Europa, debido a su capacidad para crecer y desarrollar con bajas temperaturas, lo que la hace una de las pocas especies oleaginosas aptas para ser cultivada en zonas templadas y frías.

La colza (*Brassica napus* L.) es una crucífera de raíz pivotante profunda y cuando la raíz principal encuentra obstáculos en su crecimiento tiene facilidad para desarrollar raíces secundarias. El tallo desarrolla una altura de 1,5m aproximadamente. Las hojas cotiledonares son pecioladas pero las verdaderas lanceoladas y enteras. Las flores son pequeñas, de color amarillo y se agrupan en racimos terminales. Existen dos tipos de colza, denominados colza de invierno y de primavera, los que se diferencian por sus requerimientos de vernalización, siendo mayores en el primero de ellos. La planta de colza forma una roseta durante su periodo vegetativo y estando próxima a florecer, produce ramificaciones de primero y segundo orden. Su fruto es una silicua de unos 5 a 10 cm de largo y el número de granos por fruto varía de 20 a 25, según la variedad. La composición química porcentual de las semillas es: proteínas 21,1; aceite 48,5; fibra 6,4; cenizas 4,5; extractos no nitrogenados 19,4.

Gracias a la gran diversidad de variedades, la colza permite su desarrollo en numerosos ambientes. En cuanto a su exigencia de temperaturas no soporta valores inferiores a los 2 ó 3°C bajo cero desde la germinación hasta el estado de roseta; en este estado puede soportar hasta 15°C bajo cero (incluso el frío le favorece pues desarrolla más la raíz). En la floración no conviene temperaturas altas para que no se acorte el ciclo y se produzca mejor la granazón. En cuanto a sus requerimientos hídricos, la colza se puede desarrollar a partir de los 400 mm de lluvia, si éstos están bien distribuidos. Tiene resistencia a la sequía invernal y sufre con los encharcamientos. El intervalo de pH deseable es 5,5-7, aunque puede cultivarse en cualquier tipo de suelo, soportando incluso una cierta acidez. Al ser la raíz pivotante, prefiere suelos profundos y con buen drenaje.

Los primeros trabajos de mejoramiento se hicieron en Canadá y el criterio seguido fue buscar cultivares que no fueran tóxicos para el hombre y los animales. Se incluyeron en estos trabajos materiales de origen polaco y argentino. Es así que se lograron variedades con aceites de alta calidad

(bajo contenido de ácidos grasos saturados y casi ausencia de erúsico), lo que hizo que este aceite sea hoy uno de los más preciados del mundo por sus cualidades nutricionales para la dieta humana.

Para poder mantener estas características se deben respetar los estándares de comercialización que exigen condiciones mínimas (menos de 2% de ácido erúsico y menos de 20 micromoles de uno o de la combinación de glucosinolatos por gramo) para que el aceite y la harina de colza se ajusten a la calidad esperada. A ello se agrega, bajo contenido de clorofila que le confiere al aceite un tinte verdoso no deseado.

Esta semilla que respeta el estándar es recibida por la industria aceitera y sometida a un proceso de limpieza, que elimina la tierra y los cuerpos extraños y, luego del calentado a 30 ó 40°C se la somete al proceso de extracción de aceite por presión. De este modo, se obtiene aceite de primera extracción y una mezcla de aceite y harina. El aceite es recuperado mediante solvente (hexano) y el resto es harina. El solvente del aceite es separado al igual que el solvente de la torta. En ambos casos el hexano se purifica por condensación y puede ser usado nuevamente.

En nuestro país la colza viene avanzando de manera sostenida en las últimas campañas. Pasó de no más de 20.000 hectáreas (que hace tres años parecía su techo en la Argentina) a 30.000 hectáreas en la campaña 2007/2008. Y en la campaña, que finalizó en diciembre del 2008, llegó a casi 80.000 hectáreas.

En Argentina los lugares de mayor producción son: centro-sur y sudeste de la provincia de Buenos Aires, con rendimientos promedios que rondan los 2800 Kg/ha; sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, con rindes de 1500 Kg/ha, y este de la Provincia de La Pampa, con rendimientos promedios de 1300 Kg/ha (Iriarte y Valetti, 2006).

Debido a esta expansión de la superficie sembrada con colza, surge la necesidad de generar información regional en aspectos ligados al manejo, especialmente la fecha de siembra y el comportamiento de diferentes genotipos disponibles en el mercado.

Al respecto Iriarte (2002) obtuvo los siguientes resultados en la Chacra Experimental Integrada de Barrow sobre fechas de siembra. La falta de humedad adecuada para la siembra sumada a las heladas registradas en los meses de mayo y junio hizo que las implantaciones de las primeras fechas de siembra (19 de abril y 5 de mayo) fueran afectadas en el stand de plantas. Las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo fueron en promedio de 335 mm, muy por debajo de las necesidades del cultivo de colza. Las lluvias más importantes ocurrieron durante el periodo de floración y llenado de granos especialmente en la última fecha de siembra (11 de julio).

Luego, en el año 2004 Iriarte realizó la experiencia de sembrar diferentes genotipos en la misma Chacra Experimental Integrada de Barrow en las siguientes fechas: 29 de abril, 14 de mayo, 31 de mayo y 14 de junio, arribando a las siguientes conclusiones: los cultivares de ciclo largo presentaron el mejor rendimiento en la primera y segunda fechas de siembra; con los cultivares de ciclo corto se obtuvieron los mejores rendimientos en las fechas de siembra de fines de mayo y mediados de junio; los cultivares Eclipse (híbrido) y Mistral (asociación varietal) en todas las fechas

de siembra superaron el rendimiento promedio del ensayo; se detectó necrosis del cuello de las crucíferas (*Leptosphaeria maculans* que es la forma perfecta de *Phoma lingam*) en todos los cultivares en las primeras tres fechas de siembra, con distinta intensidad según el genotipo.

En EEA INTA Balcarce, durante la campaña 2007 también se probaron genotipos en diferentes fechas de siembra (22 de marzo, 16 de mayo y 19 junio) para observar su comportamiento agronómico. Según los resultados de dicho ensayo se puede apreciar que los ciclos primaverales sembrados en la primera fecha de siembra manifestaron leves daños en la inflorescencia causados por heladas. Además, hubo daño provocado por pájaros que se acentuó cuando la floración fue temprana. En algunos ciclos invernales sembrados en junio se observó una gran heterogeneidad de estadios fenológicos, principalmente a partir de la floración, debido a que la inducción de los mismos fue insuficiente. En general los cultivares primaverales fueron siempre más precoces a cosecha que los invernales, característica deseable para el doble cultivo. En cuanto al rendimiento, para todas las fechas de siembra se lograron buenos rendimientos. No obstante, en mayo se logró el mejor promedio general e individual y con la mayor partición (IC). Cabe destacar que los cultivares invernales obtuvieron siempre los rendimientos mayores. Proporcionalmente, a medida que se retrasaba la fecha de siembra, los ciclos primaverales alcanzaron el 66%, 78% y 95% del rendimiento promedio de los ciclos invernales. Sin embargo, para la siembra de junio algunos cultivares invernales tuvieron un retraso importante en la floración, causado por falta de inducción, afectándose el rendimiento. Es esperable que este efecto se acentúe en años con inviernos más cálidos. Asociado a esto, los cultivares primaverales mejoraron la partición (IC) respecto de los invernales a medida que se retrasó la fecha de siembra, alcanzando el 84%, 101% y 157% del índice de cosecha promedio de los cultivares invernales.

Objetivo General:

Evaluar la interacción genotipo x fecha de siembra de colza primaveral en el ambiente de Río Cuarto (Córdoba).

Objetivos Específicos:

- Monitorear las respuestas fenológicas de los diferentes genotipos en cada fecha de siembra y cuantificar la duración de las etapas.
- Cuantificar el crecimiento a través de la producción de biomasa aérea.
- Evaluar la eficiencia de uso de la radiación de los genotipos en cada fecha de siembra.
- Evaluar los componentes del rendimiento y la producción de semillas de los genotipos en cada fecha de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el año 2009 en el Campo Experimental de la FAV-UNRC situado en Ruta Nacional 36 Km 601, sobre un suelo Haplustol típico, bueno a algo excesivamente drenado, profundo (+de 100 cm.), de textura franco-arenosa en superficie, moderadamente bien provisto de materia orgánica y moderada capacidad de intercambio (Kraus *et al.*, 1999). El sitio corresponde al ambiente comprendido entre el pedemonte y la llanura bien drenada y se caracteriza por presentar lomas medias a bajas, susceptibles a erosión hídrica. En particular el ensayo se localizó en una posición topográfica de media loma con pendiente menor al 1%.

El departamento Río Cuarto presenta un clima templado con invierno seco, una temperatura media anual de 16.5°C, siendo enero el mes más cálido (temperatura media de 23°C) y julio el mes más frío (temperatura media de 9.1°C). El régimen térmico se caracteriza por un invierno relativamente riguroso con heladas y un verano medianamente cálido. Las precipitaciones se concentran en los meses de octubre a marzo, correspondiendo a un régimen de tipo monzónico con una media de 800 mm anuales caracterizando a la zona como semiárida a subhúmeda. El período libre de heladas es de 255,7 días. Los vientos son de variada intensidad con dirección predominante del norte, noreste y sur (Kraus *et al.*, 1999).

Los genotipos evaluados son variedades primaverales que se indican a continuación:

Nombre comercial	Tipo	Ciclo	Semillero
Biolza	Variedad - Primavera	Intermedio-Largo	Bioproductos
Rivette	Variedad - Primavera	Corto	Bioproductos

Fuente: Iriarte y Valetti (2005).

Los cultivares invernales de alto requerimiento de vernalización no se recomiendan en esta zona porque generalmente no logra cumplir las exigencias de frío necesarias para progresar en el desarrollo reproductivo.

La elección de estos genotipos se basó en que los mismos están entre los más sembrados en el país y por presentar diferencias en cuanto al ciclo.

Sobre la base de estudios locales previos (Giayetto, 1994), las fechas de siembra propuestas fueron:

- 1° fecha: 21 de abril
- 2° fecha: 6 de mayo
- 3° fecha: 29 de mayo

Los tratamientos evaluados fueron seis combinaciones de los dos factores estudiados: fecha de siembra (3 niveles) y cultivar (2 niveles). Se asignaron a un diseño en bloques al azar con tres

repeticiones y la unidad experimental tuvo 10 surcos de 5 m de longitud distanciados a 0,3 m. La siembra se realizó con una densidad que permitiera obtener aproximadamente 100 plántulas/m².

Mediciones

Del clima: Registros de las precipitaciones, temperaturas mínimas y máximas y radiación solar incidente durante el ciclo de los cultivares en las tres fechas de siembra, tomados de la estación meteorológica ubicada en el campo experimental de la UNRC.

Del suelo: El contenido de agua útil del perfil del suelo hasta 1 m de profundidad de cada fecha y cultivar en las siguientes etapas de desarrollo: siembra, roseta de 5/6 hojas, elongación, plena floración, silicua de 4 cm y madurez fisiológica (MF). Las muestras de suelos se extrajeron con barreno manual y luego fueron secadas en estufa, obteniendo el dato de contenido de humedad por diferencia de peso con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad gravimétrica (Hg)} = \frac{\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco}}{\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Tara del recipiente}} \times 100 = \% \text{ Suelo ocupado por el agua}$$

$$\text{Humedad volumétrica} = \text{Hg} \times \text{DAP (densidad aparente)}$$

Del cultivo:

- Se registraron las etapas fenológicas según la clave de Harper y Berkenkamp (1973) y se calculó la duración en días de las mismas. Estas etapas son: siembra, emergencia, roseta de 5/6 hojas, elongación, plena floración, silicua de 4 cm y madurez fisiológica.
- Biomasa aérea total en las etapas de 5-6 hojas, elongación del tallo, plena floración, silicua de 4 cm y madurez fisiológica. Para esto se tomaron muestras de plantas en ¼ de m², las que se secaron en estufa a 65°C hasta peso constante y luego se pesaron utilizando balanza de precisión para obtener los valores de materia seca.
- Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) por el cultivo en cada una de las etapas en que se cuantificó la biomasa aérea, utilizando el sensor lineal LI-191 SA *quantum* Lincoln NE, USA y el Datalogger LI-COR LI 1400.
- Eficiencia de uso de la radiación (EUR): este parámetro se calculó como la relación entre la energía solar interceptada acumulada durante el ciclo del cultivo (MJ/m²) y la biomasa aérea acumulada a madurez fisiológica (gr/m²).
- En madurez de cosecha se midieron los componentes del rendimiento: número de plantas por metro cuadrado, número de frutos por planta, peso de semillas por planta, peso de 100 semillas y número de semillas por planta. Con estos datos se calculó el rendimiento de semillas por hectárea.

Para todas estas determinaciones se tomaron 3 muestras representativas de cada una de las parcelas.

Todas las variables evaluadas se sometieron a un ANAVA, con especial énfasis en la interacción posible entre los factores estudiados, y se realizaron comparaciones de medias mediante test de Duncan ($p < 0,05$). También se calcularon correlaciones entre variables de crecimiento y la EUR entre fechas de siembra y cultivares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones meteorológicas

La serie histórica de datos meteorológicos (Grafico 1) muestra que las precipitaciones se concentran en el período primavera-verano, aunque durante el otoño-invierno se registran algunos eventos no menos importantes para los cultivos de ciclo invernal como la colza. Los suelos de la región de Río Cuarto son de textura franca-arenosa de regular a baja capacidad de retención de agua y la demanda atmosférica determina la ocurrencia de periodos de déficit hídrico durante el verano con recargas durante el otoño y la primavera. Por ello, es recomendable disponer de un perfil cargado de agua al momento de la siembra de cultivos de ciclo invernal.

La marcha de la temperatura mínima media durante el invierno muestra registros bajos, aunque no lo suficiente como para cubrir los requerimientos de vernalización de las variedades de colza invernal, las que pueden resultar no inducidas. También se debe considerar el registro de heladas en esa época, ya que si se atrasa la fecha de siembra el cultivo puede quedar expuesto a posibles daños por frío en el estadio de plántula recién emergida, como ocurrió en la 3° fecha de siembra planificada en este estudio (realizada el 29 de mayo).

Los datos de temperatura media parecen adecuados para lograr buenas tasas de crecimiento del cultivo, especialmente durante la etapa de llenado que, según el ciclo del cultivar y la fecha de siembra, puede ocurrir con temperaturas medias relativamente bajas que reducen la tasa de crecimiento y alargan la duración de la etapa.

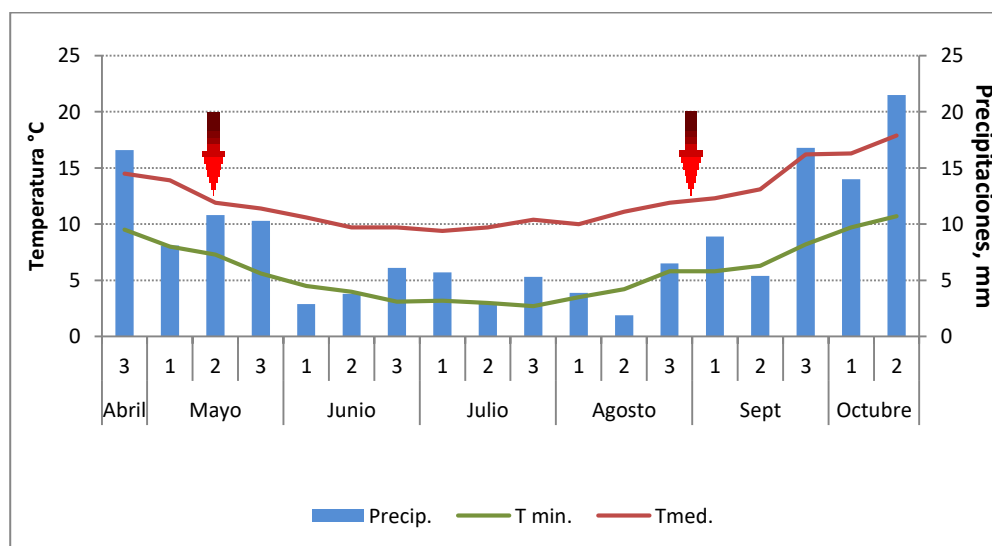


Grafico 1. Datos medios normales decádicos de temperaturas y lluvias (serie 1977-2006) para el período comprendido entre el 20 de abril y el 20 de octubre en Río Cuarto. Las flechas verticales indican las fechas medias de primera y última helada, respectivamente.

Las lluvias registradas durante la estación de crecimiento 2009 del cultivo (Grafico 2) fueron muy escasas, comparadas con los valores históricos, e irregulares en su distribución. Variaron entre 80 y 100 mm dependiendo de la fecha de siembra y se produjeron en eventos esporádicos y de pequeña magnitud (no superior a 25 mm), concentrándose la mayoría de ellos en la etapa reproductiva del cultivo (2° y 3° décadas de septiembre y primera de octubre).

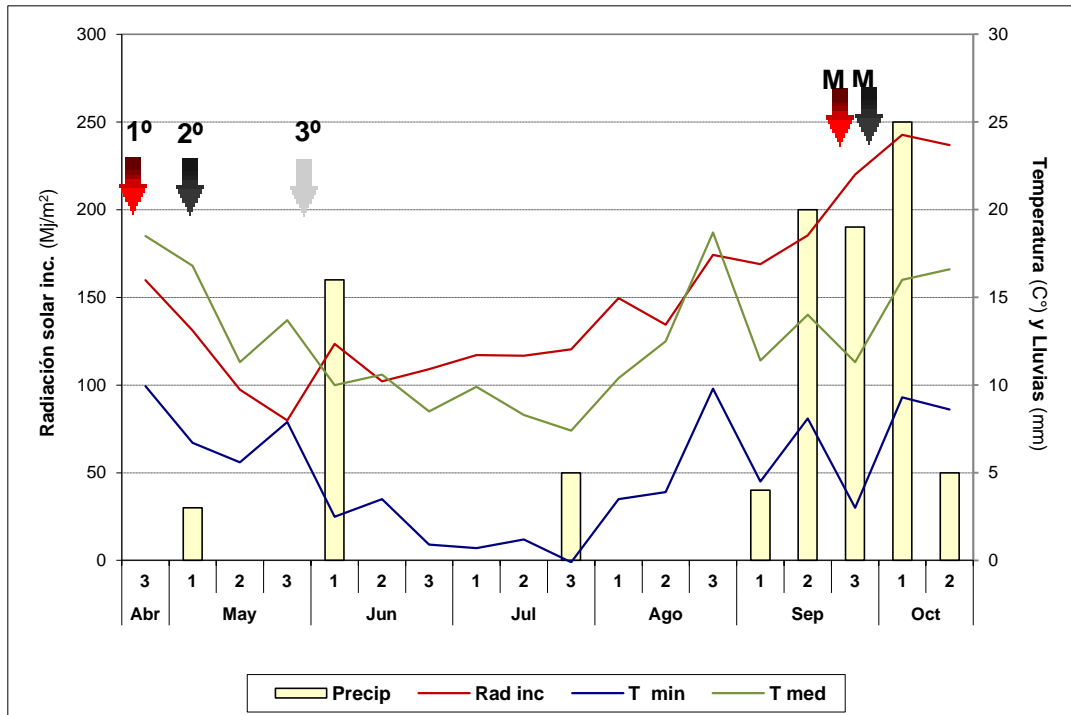


Grafico 2. Datos meteorológicos decádicos registrados durante la estación de crecimiento 2009 de colza en Río Cuarto (temperatura del aire, mínima y media, radiación solar incidente y lluvias). Las flechas verticales indican las tres fechas de siembra y la madurez fisiológica de las dos primeras.

Las temperaturas mínimas fueron extremadamente bajas y produjeron el fracaso de la siembra del 29 de mayo. Sus plántulas fueron severamente dañadas por heladas, particularmente las ocurridas el 02/06/2009 (-2,1°C) y el 24/06/2009 (-5,0°C) entre otras, produciendo la muerte del cultivo.

Al momento de la siembra y hasta la etapa de roseta de 5/6 hojas, el perfil del suelo hasta un metro de profundidad tuvo alrededor de 160 mm de agua almacenada. A partir de allí, el consumo progresivo de agua por evapotranspiración produjo una desecación gradual del perfil, entre la condición inicial y la etapa de madurez fisiológica (Grafico 3), agravada por la escasez y distribución irregular de las lluvias en el período. Esta tendencia se replicó en las dos fechas de siembra y ambos genotipos con efecto interactivo FS x cultivar en las etapas de plena floración y silícula de 4 cm. En ambas, el cultivar Rivette en la 2° FS tuvo el mayor contenido de agua en el suelo y el cultivar Biolza en la 1° FS el menor. En MF (a los 146-162 DDS) se había agotado la reserva de agua del suelo en los cuatro tratamientos.

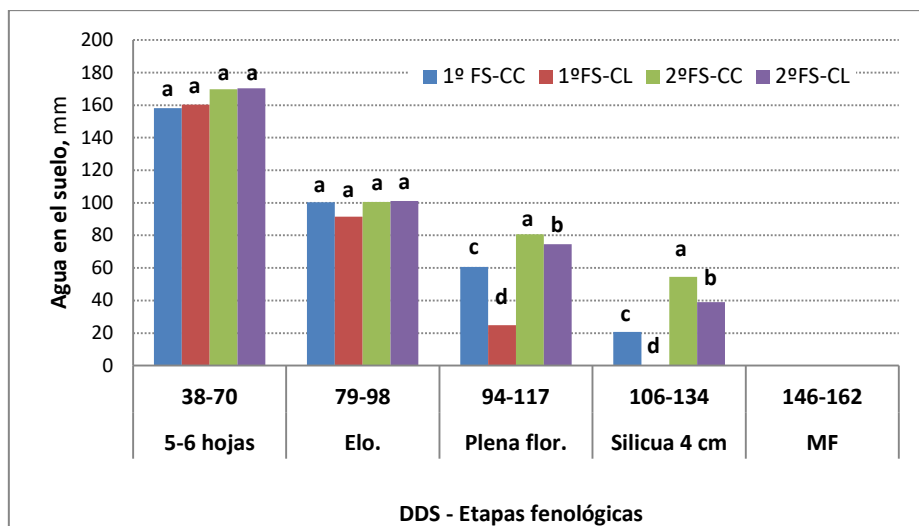


Grafico 3. Cambios en el contenido de agua del perfil del suelo (hasta 1 m de profundidad) en función de la ontogenia del cultivo (DDS) para las dos primeras fechas de siembra y los cultivares evaluados (CC: ciclo corto-Rivette; CL: ciclo largo-Biolza; Elo: elongación; MF: madurez fisiológica). Letras diferentes entre columnas para una misma etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$).

Fenología

La duración de las etapas fenológicas se ilustra en el Gráfico 4. La calidad fisiológica de las semillas sembradas (PG 92 y 94% y vigor 85 y 88% de Rivette y Biolza, respectivamente) fue muy buena por lo que la diferencia en la velocidad y porcentaje de emergencia observada puede adjudicarse a la humedad y temperatura del suelo en los primeros 5 cm. Respecto al contenido hídrico de las parcelas, el 15/04/2009 se regaron hasta capacidad de campo y por única vez. De allí que las primeras fechas de siembra tuvieron ventaja respecto al agua disponible en el suelo al momento de la siembra. Por su parte, la temperatura del suelo con valores de 15°C afectó positivamente a la primera FS (21/04), resultando una emergencia rápida que se completó en 9 y 12 días para Rivette y Biolza, respectivamente. Por el contrario, en la segunda FS (06/05), la temperatura del suelo fue menor (13,9°C) y el tiempo a emergencia aumentó a 15 y 20 días para Rivette y Biolza, respectivamente. Este retraso en emerger expuso el cultivo a riesgos con efectos negativos sobre el número de plantas establecidas; resultados que se asemejan a lo hallado por Iriarte (2002) en un ensayo realizado en Barrow (SE de Bs. As), donde la mayor pérdida de plantas se produjo por efecto de las heladas y la falta de humedad en la etapa de implantación.

Otra fuente de pérdida de plantas en la primera fecha de siembra se debió al efecto de estrés térmico por exceso durante la implantación cuando se registraron temperaturas máximas de 33 y 34°C que provocaron la muerte de muchos individuos. También cabe mencionar la pérdida de plantas debidas el ataque de pulgones, cuyo control resultó poco eficiente. La reducción inicial en el número de plantas afectó a todos los tratamientos y fue del orden de las 20 plantas/m², ya que se partió de una densidad de siembra de 100 semillas/m² y se lograron establecer entre 79 y 88 plantas/m².

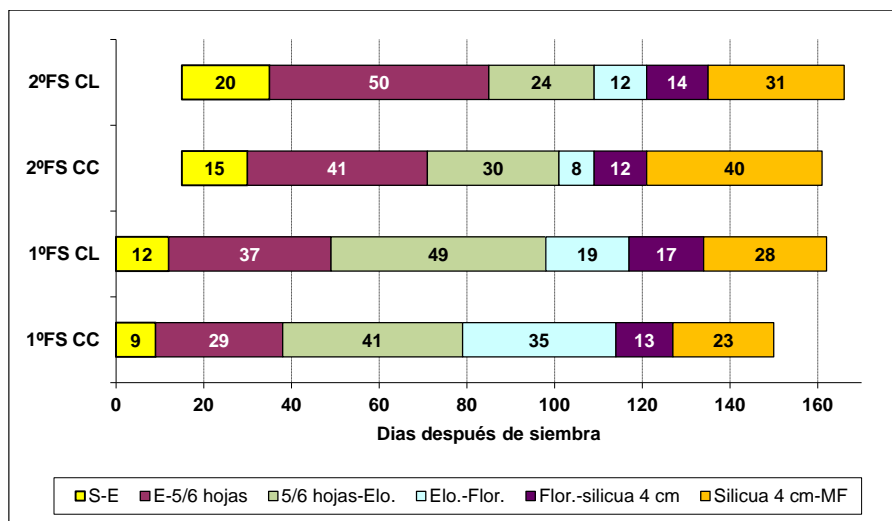


Grafico 4. Duración de las etapas fenológicas de cada cultivar (CC: ciclo corto-Rivette, CL: ciclo largo-Biolza) y fecha de siembra durante el ciclo de crecimiento 2009 en Río Cuarto (0= 21/04/2009). S: siembra, E: emergencia, Elo.: elongación del tallo, Flor.: floración y MF: madurez fisiológica.

Los datos del Grafico 4 muestran una tendencia creciente, de 29 a 50 días, en la duración de la etapa vegetativa emergencia a roseta de 5/6 hojas con el ciclo del cultivar y el atraso de la FS; mientras que un efecto contrario se produjo sobre la duración de la etapa roseta 5/6 hojas a elongación que disminuyó de 41 a 24 días. En consecuencia, el período vegetativo completo (E a Elo.) del cultivar de ciclo largo sembrado en mayo tuvo una duración 12 días menor que en la siembra de abril; mientras que en el cultivar de ciclo corto esa etapa sólo se redujo 5 días con el atraso de la FS. La etapa de elongación del tallo también se redujo con el atraso de la siembra y en mayor proporción en el cultivar de ciclo largo. La duración de la floración varió entre 12 y 17 días y la etapa reproductiva final, de silicua de 4 cm a madurez fisiológica, experimentó un aumento en la segunda FS de mayor magnitud en el ciclo corto (17 días) que en el largo (2 días).

En síntesis, el ciclo total de ambos cultivares se redujo con el atraso de la FS aunque en mayor proporción en el ciclo largo (11 días) respecto al corto (4 días). Resultados similares fueron obtenidos por Abbate (2007) en INTA Balcarce, al comparar genotipos invernales y primaverales de colza y trigo en diferentes fechas de siembra como antecesores de soja de 2°. La colza invernal resultó la mejor opción porque liberó el lote antes y los rendimientos fueron semejantes en términos energéticos.

El análisis estadístico reveló respuestas significativas a los dos factores estudiados (Tabla 1). El ciclo total del cultivo se redujo en la segunda FS debido a su influencia sobre la duración de las etapas roseta de 5/6 hojas a elongación del tallo (45 a 27 días) y elongación a floración (27 a 10 días). Por su parte, Biolza tuvo, en promedio, un ciclo total 4 días más largo que Rivette con diferencias similares en las etapas E-roseta 5/6 hojas y floración a silicua de 4 cm.

Tabla 1. Resultados del ANAVA aplicado a la duración (días) de los estadios fenológicos en respuesta a la fecha de siembra y los cultivares.

Fuente de Variación		E-5/6 hojas	5/6 hojas- Elo.	Elo.-Flor.	Flor.- silicua 4 cm	silicua 4 cm-MF	S-MF
Fecha de siembra	1ª (21/04)	33,0 a	45,0 b	27,0 b	15,0 b	25,5 a	145,5 b
	2ª (06/05)	45,5 b	27,0 a	10,0 a	13,0 a	35,5 b	131,0 a
Cultivar	Biolza (CL)	43,5 b	35,5	15,5	15,5 b	29,5	140,5 b
	Rivette (CC)	35,0 a	35,5	21,5	12,5 a	31,5	136,0 a
Valor <i>p</i>	<i>FS</i>	<0,0001	0,0003	0,0028	0,0011	0,0069	0,0001
	<i>Cultivar</i>	<0,0001	0,7167	0,1564	0,0001	0,4744	0,0331

Referencias: *E*: emergencia, *Elo.*: elongación del tallo, *Flor.*: floración y *MF*: madurez fisiológica. Letras distintas en cada columna y para cada factor, indican diferencias significativas según test de Duncan.

Si se comparan estos resultados con el ensayo realizado en Barrow durante la campaña 2004/05 sobre evaluación de cultivares comerciales de colza en distintas fechas de siembra (Iriarte 2005), se aprecia la similitud del comportamiento descrito para Buenos Aires con el atraso de la fecha de siembra. Las etapas fenológicas se redujeron siendo sus duraciones controladas principalmente por el genotipo y la temperatura.

La tendencia de los datos obtenidos en respuesta a la influencia de la fecha de siembra y al ciclo de los cultivares se ajustó a lo esperado, es decir que en las fechas de siembra tempranas se comportan mejor los genotipos de ciclo largo, mientras que en las siembras tardías los ciclos cortos, y lo podemos afirmar si observamos el ensayo realizado en el año 2006 por Iriarte en la Chacra Experimental Integrada de Barrow (SE de Buenos Aires). Para analizar puntualmente un genotipo, podemos observar Mistral en ambas fechas de siembra, si bien estas fechas están distanciadas en unos 15 días, el inicio de floración se da con una diferencia de 5 días y el fin de floración con apenas 3 días de diferencia.

Biomasa

El patrón de producción de materia seca durante el ciclo de crecimiento de la colza se ilustra en el Gráfico 5 para las fechas de siembra y los cultivares empleados en este trabajo.

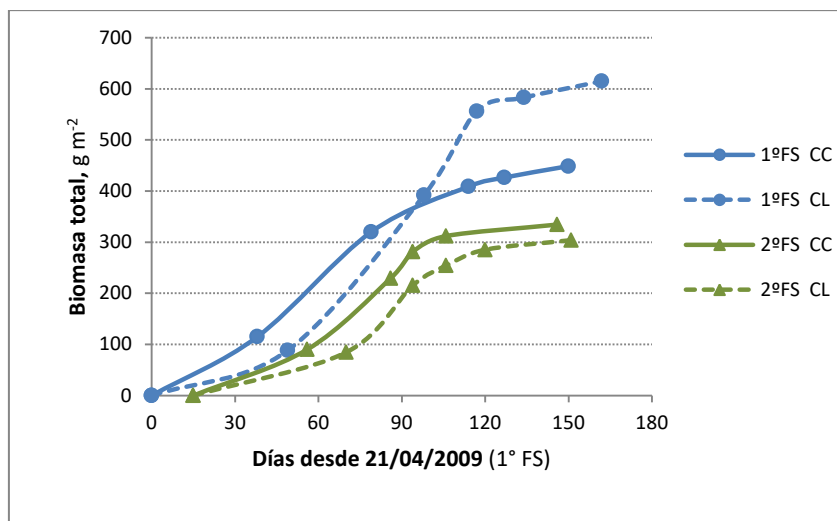


Grafico 5. Producción de biomasa aérea en función del tiempo desde la siembra (en días) para los dos cultivares y ambas fechas de siembra (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: ciclo corto-Rivette y CL: ciclo largo-Biolza) del ciclo 2009 en Río Cuarto.

En la siembra del 21 de abril ambos cultivares expresaron sus atributos genotípicos en cuanto a su fenología y crecimiento; mientras que la segunda fecha de siembra (06/05) configuró un escenario meteorológico diferente que redujo la duración del ciclo y disminuyó el crecimiento de los dos cultivares, siendo la magnitud mayor en el de ciclo largo.

El análisis estadístico por etapas fenológicas reveló (con excepción de la medición en el estadio de roseta de 5-6 hojas) respuestas significativas a los dos factores y a la interacción entre ambos (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del ANAVA aplicado a la biomasa aérea producida por cada cultivar en las dos fechas de siembra. Valores en g/m².

Fecha de Siembra	Cultivar	Etapas fenológicas				
		Roseta 5/6 hojas	Elongación	Plena floración	Silicua 4 cm	Madurez Fisiológica
21/04	Biolza (CL)	115,1	392,1 a	556,0 a	582,9 a	614,9 a
	Rivette (CC)	88,7	320,1 b	408,8 b	426,5 b	448,7 b
06/05	Biolza (CL)	90,2	215,6 c	254,2 c	285,2 c	303,9 c
	Rivette (CC)	84,7	229,5 c	281,5 c	312,1 c	334,4 c
Valor de p	FS	0.2844	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Cultivar	0.2413	0.0522	0.0009	0.0012	0.0027
	FS x Cultivar	0.4302	0.0117	0.0001	0.0002	0.0004

Letras distintas entre tratamientos en cada etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$). MF: madurez fisiológica.

Hasta la etapa de roseta de 5/6 hojas no hubo diferencias significativas, pero a partir de la elongación del tallo se describió un patrón característico donde el cultivar Biolza, sembrado en abril, produjo la mayor biomasa por superficie superando significativamente a las otras tres combinaciones. La variedad de ciclo corto Rivette, sembrada el 21 de abril, ocupó el segundo lugar y ambos cultivares tuvieron un crecimiento en biomasa similar sembrados a comienzos de mayo.

En la siembra del 21/04, el cultivo se expuso a mejores condiciones, tanto de temperatura como humedad (en términos generales para años normales), lo cual lleva a tener mejores valores de biomasa acumulada en un menor periodo de tiempo. Es decir, la tasa de crecimiento del cultivo es mayor en estos estadios iniciales por dos motivos; primero, las temperaturas medias son mayores (respecto a la siembra de 06/05) y, segundo, el principal producto que está formando la planta es hidratos de carbono (tallos, hojas y raíz). Mientras que después del periodo crítico, el principal destino de los fotoasimilados son los granos, cuyo principal componente es el aceite que requiere mayor cantidad de energía/gramo producido; por lo cual, con la misma cantidad de radiación interceptada, se produce menor cantidad de biomasa y la EUR cae.

Intercepción de la RFA

El gráfico 6 ilustra la evolución de la RFA capturada durante la estación de crecimiento del cultivo para los cuatro tratamientos. El cultivar de ciclo largo (Biolza) sembrado en la primera fecha, alcanzó el mayor porcentaje de intercepción (92%) a los 117 DDS, y aunque disminuyó con posterioridad, mantuvo una cobertura superior al 80% en la etapa de fructificación. Un patrón similar describió el cultivar Rivette, también en la primera fecha, pero con un porcentaje máximo de intercepción menor (87%) y una retracción más marcada después de plena floración llegando al 54% a los 127 DDS. En la siembra de comienzos de mayo, se observó una dinámica diferente a la descrita porque Rivette mostró una tasa de captura mayor a la de Biolza y un valor máximo de 83% a los 94 DDS; mientras que la variedad de ciclo largo desarrolló su cobertura más lentamente y alcanzó un valor máximo de 77% a los 106 DDS. Después de los 90-100 DDS, ambas variedades experimentaron una disminución abrupta llegando a la etapa de silicua de 4 cm con 54 y 47% de intercepción, respectivamente.

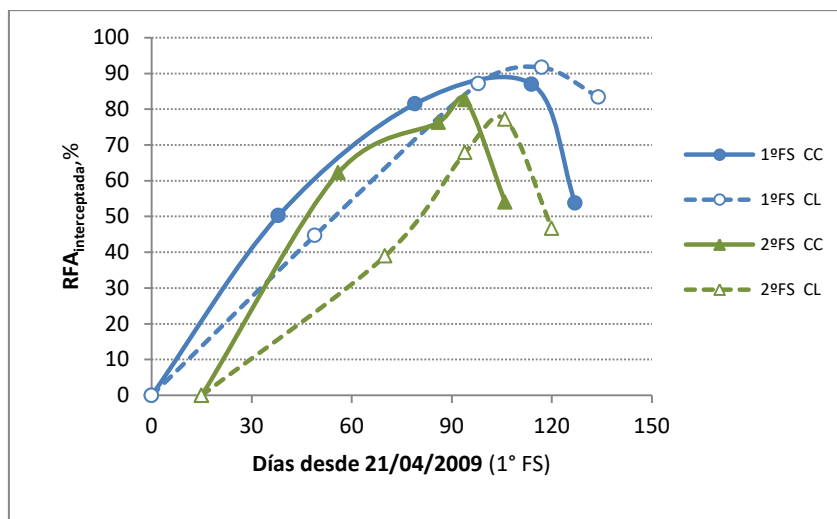


Grafico 6. Dinámica de la captura de RFA de los cuatro tratamientos (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: Rivette y CL: Biolza) en función del tiempo desde la siembra (21/04/2009).

En correspondencia con la dinámica de intercepción de radiación solar descrita, el grafico 7 muestra los valores acumulados de RFA_i para ambos cultivares en las dos fechas de siembra. En la fecha de abril, ambas variedades tuvieron una tasa similar de incremento de la captura de RFA, pero con un valor máximo alcanzado en la etapa de MF superior en Biolza (655 MJ/m^2) respecto a Rivette (542 MJ/m^2). La segunda FS mostró un comportamiento varietal opuesto tanto en el ritmo de acumulación de la RFA como en los valores máximos alcanzados, ya que Rivette con 468 MJ/m^2 a los 146 DDS superó a Biolza (388 MJ/m^2 a los 151 DDS).

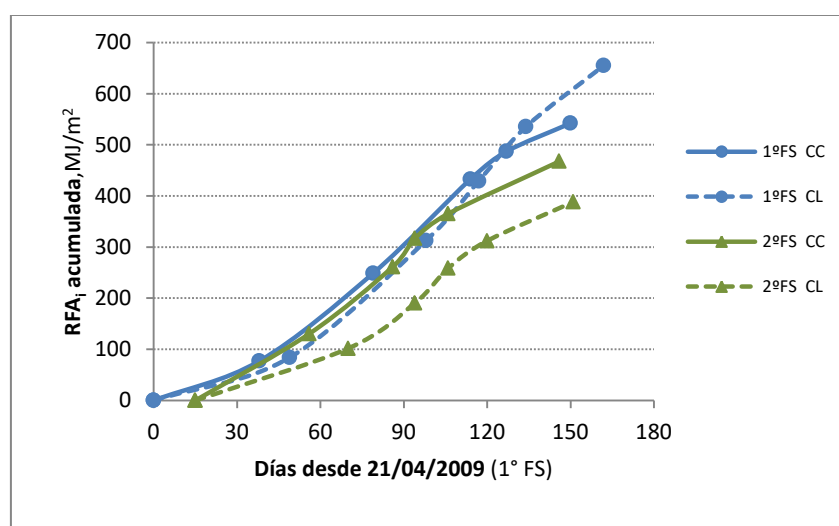


Grafico 7. Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA_i) acumulada durante el ciclo del cultivo en cada uno de los tratamientos (1°FS: 21/04; 2°FS: 06/05; CC: Rivette y CL: Biolza) ciclo 2009.

El análisis estadístico reveló efecto significativo de los factores FS y cultivar y de la interacción FS x Cultivar (Tabla 3). La FS fue el factor que más afectó la cantidad de RFA_i ya que produjo diferencias significativas en todas las etapas del cultivo evaluadas y a favor de la siembra temprana (21/04), excepto en la etapa de roseta de 5/6 hojas. El cultivar, en cambio, produjo efectos significativos sólo en la etapa de plena floración a favor de Rivette. Mientras que la interacción entre ambos factores resultó significativa en tres de las cinco etapas (elongación, silicua de 4 cm y madurez fisiológica), con los mayores valores de RFA_i para la combinación cultivar de ciclo largo en la FS temprana (Biolza sembrado el 21/04). En la otra combinación genotipo x FS, resultó que Rivette (CC) sembrado el 06/05 capturó más RFA. Este comportamiento expresa la respuesta combinada entre el ciclo del cultivar y la FS a través de la captura de RFA y la consecuente producción de biomasa aérea (ver Gráficos 5 y 6).

Tabla 3. Resultados del ANAVA aplicado a la RFA_i acumulada durante el ciclo de la colza en cada fecha de siembra y cultivar. Valores en MJ/m².

Fuentes de Variación		Etapas fenológicas				
		Roseta de 5/6 hojas	Elongación	Plena floración	Silicua de 4 cm	Madurez Fisiológica
21/04	Biolza (CL)	84,2	312,8 a	429,4	535,4 a	655,1 a
	Rivette (CC)	77,1	249,0 b	432,9	487,0 b	542,1 b
06/05	Biolza (CL)	101,8	190,5 c	258,5	312,1 d	388,2 d
	Rivette (CC)	130,5	261,3 b	317,0	365,2 c	467,6 c
Promedio de Cultivares	21/04	80,7 B	280,9 A	431,1 A	511,2 A	598,6 A
	06/05	116,2 A	225,9 B	287,6 B	338,6 B	427,9 B
Promedio de FS	Biolza	93,0	251,6	344,0 B	423,7	521,7
	Rivette	103,8	255,2	374,9 A	426,1	504,9
Valor de p	FS	0.0036	0.0014	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Cultivar	0.2520	0.7663	0.0337	0.8627	0.3144
	FS x Cultivar	0.0739	0.0004	0.0529	0.0050	0.0003

Letras minúsculas diferentes entre tratamientos en cada etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan. Letras mayúsculas diferentes entre promedios de cada factor en cada etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la FS o al cultivar, según test de Duncan (p<0,05).

Los resultados obtenidos en INTA Balcarce (Abbate, 2007) muestran que las siembras tempranas presentaron, en todos los casos, mayores valores acumulados de RFA_i, siendo la diferencia con respecto a las siembras tardías, mayor en el cultivar Eclipse (16%) que en las otras dos variedades (aproximadamente el 4%). La menor duración de la etapa E-El al retrasar la siembra redujo la cantidad de RFA_i; no obstante, una mayor tasa de crecimiento del cultivo por exposición a temperaturas más altas hizo que la intercepción se incrementara más rápidamente en las siembras intermedia y tardía, acortando las diferencias en las etapas siguientes. La máxima intercepción de la RFA se produjo en el

periodo de floración, alcanzando 90% en Eclipse y próxima al 95% en los cultivares invernales. Este mecanismo de respuesta se observó en el cultivar de ciclo corto Rivette de estudio.

Eficiencia de uso de la radiación

Los valores de EUR (Grafico 8) fueron semejantes para todos los tratamientos, pero en términos de valores absolutos son menores a los esperados debido a que el cultivo creció soportando un severo estrés hídrico lo cual afectó la fotosíntesis foliar y esto se tradujo en menor cantidad de biomasa producida por unidad de radiación interceptada. También hay que tener en cuenta la calidad de la biomasa que produce el cultivo, cuyo principal componente en los estadios iniciales es hidratos de carbono, mientras que en la etapa de fructificación predomina la síntesis y acumulación de aceite cuyo requerimiento energético es superior.

Observando los datos del grafico 8, se aprecia que si bien hubo paridad entre tratamientos, Biolza en la primera FS superó al resto (1,02 g/m²/Mj); y que al atrasar la FS, la EUR decayó. En términos generales, en siembras de abril se comportó mejor el genotipo de ciclo largo, mientras que en siembras más tardías, sería recomendable usar genotipos de ciclo intermedio a corto.

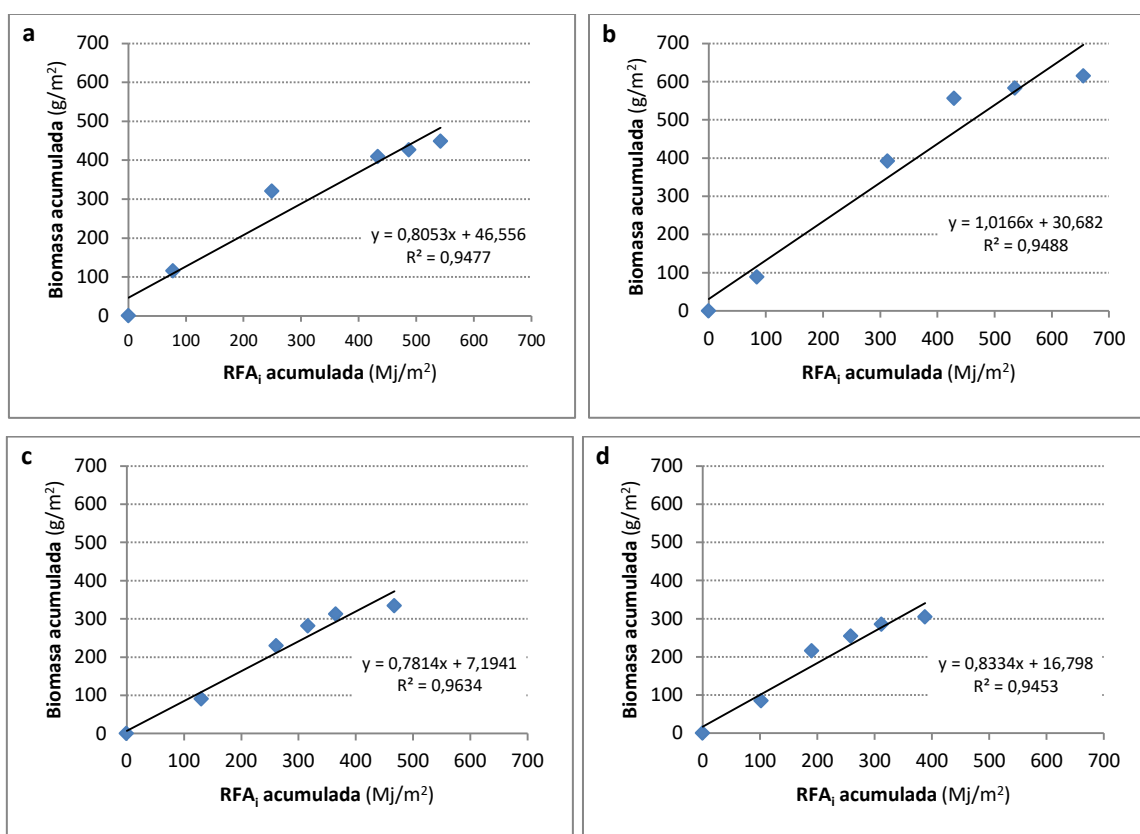


Grafico 8. EUR de la RFA_i de los cuatro tratamientos: (a) 1° FS-Rivette; (b) 1° FS-Biolza; (c) 2° FS-Rivette y (d) 2° FS-Biolza.

En otro estudio local (Cannavó, 2010) obtuvo valores de EUR aún menores a los hallados en este trabajo, debido a condiciones de estrés hídrico aún más severas que las de la campaña 2009.

Componentes del rendimiento

Número de plantas

El número de plantas por superficie experimentó cambios durante el ciclo del cultivo en todos los tratamientos respecto de la densidad planificada a la siembra. Como se mencionó al analizar la etapa de emergencia-establecimiento del cultivo, algunos de los cambios se debieron a estrés térmico (por exceso en la 1^oFS y por defecto en la 3^oFS, donde la temperatura baja produjo la pérdida total de las plántulas emergidas) y a daño por insectos (pulgones) no controlados eficientemente. Hubo otras pérdidas posteriores en el ciclo del cultivo llegando a madurez fisiológica con los valores que muestra el gráfico 9. El análisis estadístico mostró interacción significativa ($p < 0,0053$) fecha de siembra x cultivar, con un número similar de plantas/m² para Biolza en ambas fechas de siembra (34 en promedio); mientras que Rivette tuvo 26 y 42 plantas/m² en la primera y segunda FS, respectivamente.

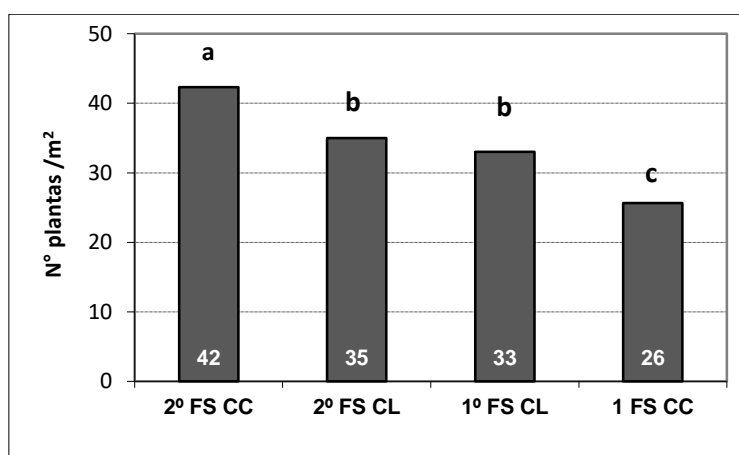


Gráfico 9. Número de plantas por metro cuadrado a madurez fisiológica para cada uno de los tratamientos. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$).

Número de silicuas por planta y superficie

Este componente respondió significativamente al factor FS, con el valor más alto en la siembra del 21 de abril (Tabla 4), tanto en su expresión por planta ($p = 0,0017$) como por superficie ($p = 0,0159$); pero sin cambios debidos al genotipo o la interacción genotipo x FS.

Número de semillas por silicua

En este caso, hubo una respuesta significativa ($p = 0,0301$) al efecto interactivo entre cultivar y FS, siendo Biolza (CL) sembrado el 21 de abril, la combinación que obtuvo el mayor valor promedio

(14.6 semillas por silicua). No se detectaron efectos significativos de los factores en forma independiente (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del ANAVA aplicado a los componentes del rendimiento y a la producción de semillas de colza en función de la fecha de siembra y el genotipo.

Fuentes de Variación		Componentes del rendimiento					Rendimiento de semillas
		N° silicuas. planta ⁻¹	N° silicuas. m ²	N° semillas. Silicua ⁻¹	N° semillas. m ²	Peso 1000 semillas g	Kg ha ⁻¹
FS 21/04	Biolza (CL)	73	2385	14.6 a	33391 a	2.17	723.2
	Rivette (CC)	65	1689	9.9 b	16992 b	1.77	293.6
FS 06/05	Biolza (CL)	33	1146	10.3 b	11843 b	1.90	222.9
	Rivette (CC)	29	1230	11.3 b	13558 b	1.70	229.4
Promedio Cultivares	FS 21/04	69 A	2037 A	12.3	25191 A	1.97 A	508.4 A
	FS 06/05	31 B	1188 B	10.7	12700 B	1.80 B	226.2 B
Promedio FS	Biolza	53	1766	12.4	22617 A	2.03 A	473.1 A
	Rivette	47	1459	10.5	15275 B	1.73 B	261.5 B
	FS	0.0017	0.0159	0.1491	0.0006	0.0134	0.0003
Valor de p	Cultivar	0.4779	0.2753	0.0882	0.0085	0.0008	0.0016
	FS x Cultivar	0.8043	0.1775	0.0301	0.0032	0.0829	0.0013

Letras minúsculas diferentes entre tratamientos para cada componente del rendimiento y rendimiento de semillas, indican diferencias significativas debidas a la interacción FS x Cultivar y letras mayúsculas diferentes entre promedios de cada factor para cada componente del rendimiento y rendimiento de semillas, indican diferencias significativas debidas a la FS o al cultivar, según test de Duncan ($p < 0,05$).

Número de semillas por superficie

Este componente directo del rendimiento respondió significativamente a la influencia independiente de los factores cultivar ($p=0.085$) y FS ($p=0.0006$) y a la interacción entre ambos ($p=0.0032$) (Tabla 4). En este sentido, y con una respuesta similar a la observada para número de semillas por fruto, el cultivar Biolza de CL en la siembra del 21 de abril produjo el mayor número de semillas por metro cuadrado. En referencia a los efectos independientes, Biolza superó, en promedio, a Rivette y la primera FS (21/04) a la segunda (06/05).

Peso individual de las semillas

En general, este componente tuvo valores por debajo de los datos de referencia obtenidos por Cannavó (2010) en Río Cuarto, cuyos valores oscilan entre los 3 y 4 g cada 1000 granos. En cuanto a la respuesta a los factores estudiados, varió significativamente ($p=0.0134$) con la FS a favor de la primera, y resultó superior en el Biolza ($p=0.0008$) (Tabla 4), pero sin efecto de interacción entre ambos.

Cabe aclarar que las condiciones ambientales en las cuales transcurrió el periodo crítico de los cultivares sembrados el 21/04, la temperatura media relativamente baja (alrededor de 15°C), comparada con valores históricos, hizo que la duración de la etapa de llenado fuese larga, de tal manera que si bien las condiciones hídricas no fueron las adecuadas, logró un buen porcentaje de cuajado, traduciéndose en un buen número de granos. Pero, como las condiciones de estrés hídrico se mantuvieron, se vio resentida la tasa de crecimiento durante la etapa de llenado logrando granos de bajo peso.

Rendimiento de semillas por hectárea

Finalmente, el rendimiento de semillas fue afectado significativamente por los factores FS ($p=0.0003$) y cultivar ($p=0.0016$) en forma independiente. Así, en la primera FS se obtuvo una producción de 508 kg/ha, un 55% superior a la producción de la siembra de mayo; y el cultivar de CL Biolza rindió, en promedio, 473 kg/ha superando a Rivette con 262 kg/ha (Tabla 4).

Estos valores fueron sensiblemente inferiores a los registrados en otros ambientes de producción de este cultivo en Argentina (Iriarte, 2002 y 2005), así como de algunos resultados locales (Giayetto, 1994; Cannavó, 2010). Diferencias que se adjudican a la escasez de precipitaciones durante el ciclo del cultivo (ver Gráfico 1).

Por otra parte, la respuesta del rendimiento de semillas se correspondió con las descriptas para los dos componentes directos del rendimiento (número por superficie y peso individual de las semillas).

En términos generales, debemos considerar el contexto en el que se desarrolló este cultivo, el cual fue de muy bajas precipitaciones si lo comparamos con los valores históricos para Río Cuarto. Es por esto que los componentes que afectan directamente el rendimiento (número y peso de granos) estuvieron también por debajo de los valores obtenidos por Cannavó (2010) en el mismo sitio. El parámetro que más influyó sobre el bajo rendimiento, fue el número de grano por unidad de superficie, que ni siquiera llegó al 30% de los valores obtenidos por Cannavó (2010) para los mismos cultivares.

CONCLUSIONES

- Para la zona de Río Cuarto, la fecha de siembra de colza más apropiada no debería ser posterior al 10 de mayo, ya que siembras más tardías afectan negativamente el establecimiento de plantas de manera considerable.
- En las siembras de abril se recomienda utilizar cultivares primaverales de ciclo largo, mientras que en siembras de mayo ciclos intermedios a cortos.
- El mayor rendimiento de semillas lo produjo el cultivar Biolsa en la primera fecha de siembra (20/04), lo cual se explicó por la gran diferencia en el número de granos por unidad de superficie, pero no así por el peso de 1000 semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P. 2007. Doble cultivo Colza-Soja: evaluación y modelización del sistema - INTA Balcarce
En: www.inta.gov.ar/balcarce/.../AvanceTRENTACOSTE_Eduardo.doc Consultado el:
22/05/2011.
- Apella, C. 2007. Periodo crítico del cultivo de colza y rendimiento potencial de genotipos
primaverales e invernales. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias UNMDP.
- Busch, L., Gunter, V., Mentele, T., Tachikawa, M., and Tanaka, K., 1994. Socializing nature: Techno
science and the transformation of rapeseed into canola. *Crop Sci* 34, 607-614.
- Cannavó L., F.B. 2010. Evaluación de cultivares de colza (*Brassica napus* L.) en Río Cuarto. Trabajo
Final de Graduación, FAV-UNRC, Agosto de 2010, 31 p.
- Colza00/Canola 2006. [En http://www.colza00.com.ar](http://www.colza00.com.ar) Consultado el 05/05/2011.
- Dronne, Y. y Gohin, A. 2005. The development of non-food rapeseed oil uses in the UE: Impacts on
world markets and prices. *Oleagineux o corps Gras Lipides* 12 (5-6): 344-357.
- Giayetto, O. 1994. Modelo de simulación de colza (*Brassica napus* L. forma *annua*) en la región de
Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Tesis de Magister Scientiae. FA-UBA-INTA, 297 p.
- Gunstone, F., 2004. Rapeseed / canola – Number two in oilseeds and number three in vegetable oils.
International News on Fats, Oils and Related Materials 15(9): 588-589.
- Harper, R.F. y B. Berkenkamp 1973. Revised growth stroger key for *Brassica napus*. *Can J. Plant Sci.*
55: 657-658.
- Iriarte, L. 2002. Colza: cultivares, fechas de siembra y fertilización. En:
<http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/nota%20colza.pdf> Consultado:
02/03/2009.
- Iriarte, L. 2005. Evaluación de cultivares comerciales de Colza en distintas fechas de siembra. Chacra
Experimental Barrow. En:
http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/carpeta_cos_fina/cultivcolza30.pdf
- Iriarte, L. y O. Valetti. 2006. El cultivo de colza en Argentina. ASAGA. Asociación Argentina de
Grasas y Aceite. Tomo XVI. Vol 4. Número 65, 646-650.
- Körbitz W., 1999. Biodiesel production in Europe and North America. An encouraging prospect.
Renewable Energy 16: 1078-1083.
- Kraus, T., Bianco C. y C. Núñez. 1999. Los Ambientes Naturales del Sur de la Provincia de Córdoba.
Ed. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. 112 p.
- Miralles, D.J., Ferro, B.C., and G.A. Slafer. 2001. Development responses to sowing date in wheat,
barley and rapeseed. *Field Crops Research* 71: 211-223.
- Valetti, O. 1996. El cultivo de colza canola. Chacra experimental Integrada Barrow-Convenio
MAAyP-INTA. Material de divulgación N°2 ISSN N° 0328-1353.

Agradecimientos

- A la Universidad de Rio Cuarto, por brindarme la oportunidad de estudiar.
- A mi director de tesis Oscar Giayetto, quien me ha guiado y ayudado en la realización de este trabajo.
- A mi familia, Susana mi mamá, Héctor mi papá, Francisco y Tomás mis hermanos, Julio Cesar mi tío y Raquel mi abuela por haberme guiado en este camino hasta lograr el objetivo.
- A Agustina, por el amor, ayuda, comprensión y motivación en la realización de este trabajo.