

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE COLZA
(*Brassica napus L.*) EN RÍO CUARTO

Franco Bruno Cannavó Labianca
31.028.589

Director: Ing. Agr. Oscar Giayetto
Co-Director: Ing. Agr. Guillermo Cerioni

Río Cuarto – Córdoba
Octubre de 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE COLZA
(*Brassica napus L.*) EN RÍO CUARTO

Autor: CANNAVO LABIANCA FRANCO BRUNO

D.N.I: 31.028.589

Director: Ing. Agr. GIAYETTO, Oscar

Co-Director: Ing. Agr. CERIONI, Guillermo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
comisión evaluadora:

Ing. Agr. Barotto, Omar -----

Ing. Agr. Castillo, Carlos A. -----

Ing. Agr. Viale, Susana -----

Fecha de presentación: ----- /----- / -----

Aprobado por Secretaría Académica: ---/-----/-----

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de Río Cuarto y a mi país, la República Argentina, por brindarme la oportunidad de estudiar gratuitamente.
- A mi director de tesis Oscar Giayetto, co-director Guillermo Cerioni quienes me han guiado y ayudado en la realización de este trabajo final.
- A Sandra, mi mamá, por haberme guiado y ayudado a culminar mis estudios.
- A Belén, mi novia, por el amor, ayuda, comprensión y motivación en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
III.1 Red de evaluación de cultivares de colza.....	5
III.2 Campaña 2006	5
III.3 Campaña 2007	7
III.4 Campaña 2008	8
OBJETIVOS	11
IV.1. Objetivo general.....	11
IV.2. Objetivos específicos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
V.1. Sitio experimental y diseño	12
V.2. Caracterización del ambiente	12
V.2.1 Temperatura y lluvias.....	12
V.2.2 Paisaje y suelo	12
V.3. Material vegetal.....	13
V.4. Mediciones y determinaciones.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
VI.1. Condiciones meteorológicas	15
VI.2. Fenología	18
VI.3. Crecimiento.....	21
VI.4. Intercepción y eficiencia de uso de la RFA	22
VI.5. Componentes del rendimiento	26
VI.5.1. Altura de inserción de la primera silicua	26
VI.5.2. Número de silicuas por planta	27
VI.5.3. Número de semillas por superficie	28
VI.5.4. Peso individual de semillas.....	28
VI.6 Rendimiento de semillas	29
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Página

Gráfico 1: Temperaturas medias, máximas y mínimas y precipitaciones de 2008 y valores promedio históricos (1977-2006) para el período mayo a diciembre.....	16
Gráfico 2: Balance hídrico seriado (BHS) por períodos decádicos mensuales para Río Cuarto, año 2008.....	17
Gráfico 3: Radiación solar diaria durante el ciclo de crecimiento de la colza en Río Cuarto, año 2008.....	18
Gráfico 4: Duración (días) de las etapas fenológicas de los diferentes cultivares de colza evaluados según clasificación europea (INRA-CETIOM).....	19
Gráfico 5: Índice de área foliar (IAF) de los distintos cultivares de colza entre mediados de floración y madurez en Río Cuarto (ciclo 2008).....	22
Gráfico 6: Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada por los distintos cultivares de colza desde mediados de floración y hasta la finalización del ciclo del cultivo en Río Cuarto.....	23
Gráfico 7: Ajustes al modelo lineal de la relación entre biomasa aérea y RFAi acumuladas para cada uno de los cultivares evaluados.....	24
Gráfico 8: Número promedio de plantas a cosecha de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto.....	26
Gráfico 9: Valores promedio de la altura de inserción de la primera silicua de los cultivares de colza en Río Cuarto.....	27
Gráfico 10: Número promedio de silicuas por planta de los cultivares de colza en Río Cuarto.....	28
Gráfico 11: Número de semillas por superficie de los cultivares de Colza en Río Cuarto.....	28
Gráfico 12: Peso promedio de 1000 semillas de los cultivares de colza en Río Cuarto.....	29
Gráfico 13: Rendimiento de semillas ($qq.ha^{-1}$) promedio de los cultivares de colza en Río Cuarto.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Localidades y fechas de siembra y cosecha de la campaña 2006	5
Tabla 2. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006	6
Tabla 3. Altura de planta (cm) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006.....	6
Tabla 4. Rendimientos de semillas (Kg. ha ⁻¹) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006	6
Tabla 5. Rendimiento de semillas (kg.ha ⁻¹) de los cultivares Biolza y Filial en los ensayos con riego y en secano durante la campaña 2006	6
Tabla 6. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007	7
Tabla 7. Altura (cm) de planta de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007	7
Tabla 8. Rendimiento de semillas (Kg. ha ⁻¹) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007	8
Tabla 9. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008	9
Tabla 10. Altura (cm) de planta de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008	9
Tabla 11. Rendimiento de semillas (Kg.ha ⁻¹) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008	10
Tabla 12. Cultivares de colza seleccionados para el ensayo	13
Tabla 13. Fecha de cosecha de los diferentes cultivares de colza y duración total del ciclo	14
Tabla 14. Días desde la siembra a la cosecha de cultivares primaverales. Campaña 2006/07.....	19
Tabla 15. Biomasa aérea en diferentes etapas fenológicas entre emergencia y madurez y altura media final de la planta de los cultivares de colza evaluados	21
Tabla 16. Eficiencia de uso de la radiación solar de los diferentes cultivares calculada como la pendiente de la relación entre biomasa acumulada y RFAi acumulada.....	24

Tabla 17. Altura de planta y de inserción de primera silicua, componentes del rendimiento y producción de semillas de los cinco cultivares de colza sembrados en Río Cuarto.	31
---	----

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron en condiciones de secano cultivares de colza (*Brassica napus* L.) en el Campo Experimental de la UNRC, localizado en el Departamento Río Cuarto, próximo a la localidad de Las Higueras. El diseño utilizado fue de bloques al azar con tres (3) repeticiones y los tratamientos fueron cinco (5) cultivares de colza primaveral: Biolza, Filial, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 y Rivette, todos producidos por la empresa Bioproductos®. En los mismos se registraron las sucesivas etapas de crecimiento y desarrollo, se evaluó la estructura del canopeo a través del IAF (índice de área foliar) y se cuantificó la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa por el cultivo en distintas etapas fenológicas. También se estimaron y cuantificaron los componentes del rendimiento y el rendimiento de semillas de los cultivares, siendo la variación del peso de las 1000 semillas mínima en relación con el número de semillas.m⁻² que tuvo una relación estrecha con el rendimiento ($R^2= 0.959$). Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 produjeron los mayores rendimientos de semillas por hectárea (12.5 y 11.2 qq.ha⁻¹, respectivamente) sin diferencias estadísticas entre ellos. Le siguieron, en orden decreciente, Filial y Rivette que se diferenciaron significativamente de Bioaureo 2386 pero no de Bioaureo 2486 ni de Biolza, que produjo el menor rendimiento del ensayo con 7,3 qq.ha⁻¹. Paralelamente se analizó altura media final de la planta y de la inserción de la primera silicua. Con los datos de biomasa (obtenidos por el autor de otro trabajo final) y de RFA interceptada se calculó la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de los cultivares evaluados mediante ajuste a un modelo de regresión lineal. Dichos valores fueron similares para el conjunto de cultivares y se ubicaron en un rango de 0,11 gr.m⁻².MJ⁻¹, siendo Bioaureo 2386 el genotipo que obtuvo el valor mayor (0.56 gr.m⁻².MJ⁻¹). No obstante, la EUR se correlacionó positivamente con el rendimiento de semillas ($R^2= 0.949$).

SUMMARY

Oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L.) were studied under non-irrigated conditions in the experimental field of the National University of Rio Cuarto, located in Rio Cuarto Department near to Las Higueras city. The experiment used a randomized blocks with three (3) repetitions. The treatments were five (5) spring rapeseed cultivars: Biolza, Filial, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 and Rivette, all of them produced by the company Bioproductos®. The cultivars' stages of growth and development were registered, the canopy structure was analysed through the LAI (Leaf Area Index), and the interception of photosynthetically active radiation by the crop canopy was measured at different phenological growth stages. Also, the yield components (number of grains and seed weight) and crop yield of each cultivars were estimated and measured. Bioaureo 2386 and Bioaureo 2486 obtained the highest seed yields per hectare (12.5 and 11.2 qq.ha⁻¹, respectively) without statistical differences between them. In descending order, there followed Filial and Rivette, which significantly differed from Bioaureo 2386 but not from Bioaureo 2486, and they neither did it from Biolza, which showed the lowest performance with 7,3 qq.ha⁻¹. An important relation between number of seeds and crop yield was determinate ($R^2= 0.959$). At the same time, the final average height of the plant and the first siliqua insertion were measured. With the biomass data and the intercepted PAR, the radiation use efficiency (EUR) of the cultivars was calculated by means of adjustment to a linear regression model. Such EUR data were similar to the set of cultivars and they located in a range of 0,11 gr.m⁻².MJ⁻¹, being Bioaureo 2386 the genotype that got the highest value (0.56 gr.m⁻².MJ⁻¹). However, the EUR was positively related with seed yield ($R^2= 0.949$).

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La colza “*Brassica napus* L.” es uno de los tres principales cultivos oleaginosos a nivel mundial (Carrizo y Villamil Destefanis, 2007).

Esta oleaginosa se utiliza en el mundo desde hace muchos siglos; en India, China y Japón desde antes de la era cristiana. En nuestro país, hay información que el aceite de colza es uno de los que se utilizaba en la época de la colonia para el alumbrado público. En Europa, en el siglo pasado, se usaba con fines industriales. Canadá comenzó a interesarse en su producción para autoabastecerse de aceites lubricantes importando para ello semilla de variedades o poblaciones de Argentina y Polonia, durante la segunda guerra mundial, debido al bloqueo comercial de los principales productores (Miguez, 2007).

Por medio del mejoramiento genético, técnicos canadienses, lograron en la década del 60 colza con bajos tenores de ácido erúsico (el estándar mundial indica menos del 2% de este ácido en el aceite) y llamaron a esta variedad canola (Canadian Oil Low Acid). Posteriormente, también lograron reducir el tenor de glucosinolatos en la harina que queda luego de la extracción del aceite, llamando a estas variedades 00 es decir 0 de ácido erúsico y 0 de glucosinolatos. Por lo tanto, las variedades modernas de colza -canola- permiten el consumo humano del aceite y el pellet puede compararse con el de la soja como suplemento proteico para el racionamiento animal (Miguez, 2007).

Actualmente, la producción agropecuaria se enfrenta a un desafío constituido en su mayor parte por la demanda del mercado cada vez más exigente en los aspectos de calidad. En nuestro país, el cultivo de colza se presenta como un producto capaz de satisfacer estas exigencias.

Los factores ambientales que inciden sobre la tasa de desarrollo del cultivo de la colza son la temperatura y el fotoperíodo, junto a ellos podemos mencionar otro requerimiento propio del vegetal, la vernalización.

La temperatura base para *Brassica napus*, varía entre 0 y 6 °C dependiendo del cultivar y la etapa ontogénica considerada. Otros investigadores como Hogdson (1978, citado por Gómez y Miralles, 2006) estimó temperaturas base que variaban entre 3 y 7 °C en cultivares primaverales sembrados en otoño en Australia, dependiendo del estado ontogénico considerado. Respecto a la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo, las evidencias sugieren que éstas se encuentran alrededor de los 20 °C (Gómez y Miralles, 2006).

La diferencia entre los tipos de crecimiento primaveral e invernal ha sido delimitada por la respuesta a la vernalización. Los cultivares invernales requieren una elevada cantidad de horas de frío para florecer mientras que los primaverales generalmente no necesitan este estímulo. Además, existen evidencias de distinta sensibilidad entre cultivares dentro de un

mismo tipo de crecimiento. En la mayoría de los cultivares que requieren vernalización, la tasa de desarrollo se acelerará cuando la temperaturas se encuentra entre 4 a 9 °C, considerando como límite superior temperaturas entre 12 a 13 °C que son efectivas vernalizantes (Gómez y Miralles, 2006).

En cuanto a la respuesta a la duración del día, esta especie puede definirse como cuantitativa de día largo, ya que la floración se acelera a medida que el cultivo se expone a fotoperíodos de mayor duración. Si bien numerosas evidencias demostraron una clara respuesta al fotoperíodo durante la etapa vegetativa, en otros trabajos se observó también sensibilidad al fotoperíodo durante la fase reproductiva de elongación del tallo. Se encontró variabilidad intraespecífica para la sensibilidad al fotoperíodo, el umbral fotoperiódico (duración del día por encima de la cual la tasa de desarrollo se hace máxima) y la precocidad intrínseca. Así por ejemplo, Nanda *et al.*, 1996 (citado por Gómez y Miralles, 2006) trabajando en ambientes controlados determinó que el valor del fotoperiodo umbral u óptimo era de 12 a 14 hs.

Son escasos los estudios que analizaron la interacción entre vernalización y fotoperíodo y su incidencia sobre la duración de las etapas del desarrollo.

La sensibilidad del cultivo a los factores ambientales que regulan el desarrollo (temperatura fotoperíodo y vernalización) no sólo determina la duración de las etapas vegetativas y reproductivas sino también bajo qué condiciones ambientales ocurrirá el periodo crítico para la determinación del número de granos por unidad de área. Por ello, es importante conocer la variabilidad genotípica de la respuesta termofotoperiódica y el impacto de la vernalización sobre este modelo para establecer el momento de ocurrencia de la etapa crítica del cultivo.

Este cultivo se adapta a las condiciones de suelo y clima de la región de Barrow (provincia de de Buenos Aires, Argentina), donde ha mostrado tener alto potencial de rendimiento tanto de grano como en aceite con un esquema de manejo sencillo (Valetti, 2007). Según ensayos realizados en Balcarce, el cultivo de colza obtuvo $2.28 \text{ gr.m}^{-2}\text{MJ}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Trentacoste *et al.*, 2007).

Los eventos ontogénicos del cultivo y los factores ambientales que regulan su tasa de desarrollo permiten no sólo calcular los riesgos de exponer el cultivo a ambientes poco propicios (heladas, altas temperaturas, etc.), sino también, establecer estrategias de manejo tales como fecha de siembra, densidad, nutrientes, con la posibilidad de maximizar el rendimiento (Gómez y Miralles, 2006).

Es posible identificar tres etapas: I) La etapa vegetativa en la que el ápice de crecimiento diferencia hojas, II) la etapa reproductiva que comienza con el cambio del ápice del estado vegetativo al reproductivo (Iniciación floral) y, finalmente, III) La etapa de

llenado de grano donde se desarrolla el embrión y comienza la acumulación de reservas (Gómez y Miralles, 2006).

La semilla, una vez en el suelo se embebe de agua, siendo la temperatura el principal factor que desencadena la germinación. En estudios de laboratorio con distintos cultivares de *B. napus* Kondra *et al.*, 1983 (citado por Gómez y Miralles, 2006) observaron que con temperaturas entre 21 y 25 °C se alcanzaba el 90% de germinación en un día. Una vez iniciado este proceso emerge la radícula y se inicia el crecimiento del hipocótilo que empuja a los cotiledones hacia la superficie del suelo (Gómez y Miralles, 2006).

Una vez que se produce la imbibición de la semilla comienza la diferenciación foliar en el ápice de crecimiento, que continua hasta que éste cambia al estado reproductivo y comienza la iniciación de primordios florales. De este modo, durante la fase vegetativa el cultivo inicia y expande las hojas. El plastocrono tiene una duración promedio de 30 °Cd.hoja⁻¹, con un rango entre 23 y 38 °Cd.hoja⁻¹ (Miralles *et al.*, 2001; citado por Gómez y Miralles, 2006). La planta tiene apariencia de roseta expandiendo las hojas iniciadas previamente. Durante la etapa de roseta las hojas son pecioladas y tienen un filocrono promedio de 48 °Cd.hoja⁻¹, con un rango entre 62 y 84 °Cd.hoja⁻¹ (Gómez y Miralles, 2006).

Luego de la iniciación floral comienza la elongación del tallo que se prolonga hasta plena floración. El tallo comienza a crecer y las hojas diferenciadas continúan expandiéndose. El tallo lleva en su ápice el botón floral encerrado entre un conjunto de hojas. Los botones florales aún cerrados comienzan a separarse. Durante esta etapa, la tasa de aparición de hojas se acelera sustancialmente mostrando menores valores de filocronos *i.e.* entre 24 y 32 °Cd.hoja⁻¹, cambiando además la morfología de las hojas que son semipecioladas y/o sésiles. Las ramas secundarias desarrolladas en las axilas de las hojas superiores del tallo principal pueden tener entre 1 y 4 hojas y un racimo de botones florales. Con la apertura del botón floral en el ápice del tallo principal comienza la floración progresando hacia arriba, con 4 a 5 flores abriéndose por día, según las condiciones del ambiente (Gómez y Miralles, 2006).

La superficie foliar máxima se alcanza al comienzo de la floración y luego comienza a decrecer por la pérdida de las hojas inferiores. El índice de área foliar (IAF) puede llegar a valores de 4.

El tallo alcanza su altura máxima en plena floración. Durante la floración las ramas continúan creciendo, mientras los botones se transforman en flores y éstas en silicuas. Así, los primeros botones se abren y se transforman en silicuas en la parte inferior al tallo y sobre ellos se encuentran flores abiertas y botones aún cerrados. A mediados de floración –cuando las primeras silicuas comienzan a elongarse– el tallo se transforma en la principal fuente de nutrientes para el crecimiento de la planta, pues hay un reducido aporte desde las hojas –que han comenzado a caer– y de las silicuas que comienzan a crecer.

El período que media entre el inicio de la floración y comienzo de crecimiento de las silicuas es particularmente importante para el crecimiento final del cultivo, ya que se establece el número final de silicuas por planta. Durante este periodo se genera, además, el número potencial de granos por unidad de superficie, siendo el principal componente del rendimiento y se produce una rápida reducción del IAF que provoca un déficit de asimilados para la definición de rendimientos. De esta manera, un incremento en la acumulación de biomasa durante esta etapa (ya sea debido a un aumento de la tasa de crecimiento del cultivo y/o una mayor duración de la etapa) resultará en un mayor número de flores y de silicuas por planta y, en consecuencia, de número de granos y rendimiento final (Gómez y Miralles, 2006).

El período de llenado de granos se inicia cuando caen los pétalos de las últimas flores formadas sobre el tallo principal, a pesar de que en las ramas secundarias la floración dura algún tiempo más. Debido a que el llenado de granos transcurre con una evidente reducción en los valores de área foliar, es posible especular que el cultivo presenta una falta de fuente durante dicho período. Sin embargo, a pesar de haberse demostrado que el cultivo de colza presenta una falta de fuente, dicha limitación sería similar a la que presentan otros cultivos (Gómez y Miralles, 2006).

Durante las primeras semanas de desarrollo de las semillas, la epidermis se expande hasta alcanzar su tamaño final, se desarrolla el embrión y comienza la acumulación de reservas, hidratos de carbono, proteínas y lípidos. Cuando las semillas de las silicuas basales toman una coloración verde, la mayoría de las hojas ya cayeron y las paredes de las silicuas se transformaron junto con el tallo en proveedoras de fotoasimilados a los granos. El llenado de los granos es seguido por cambios de color de los granos y el resto de la planta tornándose las silicuas y la planta amarilla y quebradiza hacia el final del ciclo y los granos coloreados con tonos desde rojizos hasta negros. En esta etapa final se define el peso de los granos y el porcentaje de aceites y proteínas, variables según el cultivar y las condiciones del ambiente durante las cuales transcurrió este período (Gómez y Miralles, 2006).

Aunque existe cierta información sobre características de crecimiento y desarrollo de la colza en la región de Río Cuarto (Giayetto, 1995) resulta pertinente ampliarla sobre la base de los cultivares actualmente disponibles en el mercado.

En este sentido, y como marco de referencia para el análisis posterior, se presenta a continuación una síntesis de los resultados de la evaluación de cultivares realizada en diferentes regiones de Argentina durante un período de tres años consecutivos destacándose aspectos fenológicos, sanitarios y productivos del cultivo de colza y con especial referencia a los genotipos incluidos en este trabajo.

III.1 Red de evaluación de cultivares de colza

En el marco del Proyecto nacional de INTA “Desarrollo de material genético de oleaginosas menores” se conduce una red de evaluación de cultivares de colza en diferentes localidades del país que coordina la Ing. Agr. Liliana B. Iriarte de la Estación Experimental de Barrow (Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires).

Algunas características generales de la red son las siguientes:

- La siembra se realiza en la fecha más adecuada para cada una de las localidades. El programa de fertilización contempla la aplicación de P, N y S de acuerdo a los análisis de suelo y requerimientos del cultivo.
- Los ensayos se realizan de acuerdo a un protocolo de conducción.
- Se efectúan observaciones fenológicas, sanitarias y productivas.

III.2 Campaña 2006

Se evaluaron cultivares comerciales de tipo primaveral e invernal en siete localidades (Tabla 1) en tres de las cuales (La Consulta, Ascasubi y Santiago del Estero) se aplicó riego complementario, mientras que en las restantes se cultivó en secano. Los cultivares participantes fueron 11 (8 primaverales y 3 invernales) y los datos que se presentan destacan el comportamiento de Biolza y Filial (ambos primaverales y del criadero Bioproductos®) por ser materiales incluidos en este trabajo.

Tabla 1. Localidades y fechas de siembra y cosecha de la campaña 2006.

Localidad	Siembra	Cosecha
La Consulta	15/5	15/11 – 19/12
Rafaela	15/5	25/10 – 07/11
Paraná	24/5	25/10 – 11/11
Bordenave*	06/6	30/11 – 12/12
Ascasubi*	09/8	Diciembre - Enero
Santiago del Estero	15/5	Noviembre
Barrow	17/5	08/11 – 06/12

*Se debió realizar una resiembra.

La tabla 2 muestra la duración del ciclo total en días entre emergencia y la fecha de corte para Biolza y Filial y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes según la localidad.

Tabla 2. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006.

Cultivares	La Consulta	Rafaela	Barrow	Paraná	Stgo. del estero	Bordenave
Biolza	175	164	159	153	131	157
Filial	168	165	164	155	144	159
Promedio de cultivares primaverales	170	162	161	153	137	158

La tabla 3 muestra la altura de planta (cm) al final del ciclo para Biolza, Filial y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes de la red según la localidad.

Tabla 3. Altura de planta (cm) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006.

Cultivares	La Consulta	Rafaela	Paraná	Stgo. del Estero
Biolza	103	143	129	161
Filial	107	126	112	158
Promedio de cultivares primaverales	94	134	121	163

De manera similar, la tabla 4 tiene los datos de rendimiento ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de Biolza, Filial y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes de la red según la localidad como así también el promedio general de todas las localidades.

Tabla 4. Rendimientos de semillas ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de los cultivares Biolza y Filial durante la campaña 2006.

Cultivares	Ascasubi	Barrow	Bordenave	La Consulta	Paraná	Rafaela	Stgo. del Estero	Promedio
Filial	2467	1078	623	1501	1554	2523	3957	1650
Biolza	2533	1486	652	3624	1551	2937	3613	2048
Promedio de cultivares primaverales	2628	1413	749	2516	1691	2517	3511	1872

La Tabla 5 muestra los rendimientos obtenidos en los ensayos con riego realizados en las localidades de La Consulta, Santiago del Estero y Ascasubi y la diferencia respecto con los obtenidos en condiciones de secano.

Tabla 5. Rendimiento de semillas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de los cultivares Biolza y Filial en los ensayos con riego y en secano durante la campaña 2006.

Cultivar	Rendimiento (kg/ha) ensayos		
	con riego	sin riego	Diferencia
Biolza	3257	1656	1601
Filial	2642	1444	1198
Promedio de cultivares primaverales	2885	1592	1294

Resulta evidente que una limitante marcada en determinadas regiones de Argentina es el déficit hídrico durante el período invernal. En esta campaña, la implementación de

riego fue propicia para el aumento del rendimiento de los cultivares en relación con los cultivados en secano en otras localidades.

El comportamiento de Biolza se mostró ligeramente superior, tanto bajo riego como en secano, con respecto al promedio de los otros cultivares primaverales; mientras que Filial fue levemente inferior en ambas situaciones.

III.3 Campaña 2007

En esta campaña participaron 22 cultivares (15 primaverales y 7 invernales) en 9 localidades agrícolas de Argentina: Barrow, Concepción del Uruguay, Famailla (La Cocha), Paraná, Mendoza (La Consulta), Pergamino, Rafaela y Santiago del Estero. Similar a lo descrito para el año anterior, aquí se detallará el comportamiento de los cultivares Biolza, Filial y Rivette (todos primaverales y del criadero Bioproductos®) debido a su inclusión en este trabajo.

Así, la tabla 6 describe la duración de ciclo total en días entre emergencia y la fecha de corte de esos tres cultivares y del promedio de los otros materiales primaverales participantes según la localidad.

Tabla 6. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007.

Cultivares	Barrow	La Consulta	Pergamino	Paraná	La Cocha	Concepción del Uruguay	Rafaela	Stgo. del Estero	Promedio
Biolza	184	183	171	180	137	155	149	159	165
Filial	182	180	170	177	128	155	144	155	161
Rivette	187	176	162	171	130	152	140	143	158
Promedio de cultivares primaverales	186	178	168	175	134	154	145	154	162

En la tabla 7 se muestra la altura de planta (cm) al final del ciclo para Biolza, Filial, Rivette y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes según la localidad.

Tabla 7. Altura (cm) de planta de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007.

Cultivares	Barrow	La Consulta	Rafaela	Stgo. del Estero
Biolza	102	111	110	133
Filial	104	104	102	117
Rivette	91	83	92	122
Promedio de cultivares primaverales	98	96	97	127

Finalmente la tabla 8 muestra el rendimiento de semillas (Kg.ha⁻¹) alcanzados por los tres cultivares, el promedio de los otros cultivares primaverales participantes según la localidad y también el promedio general de todas las localidades.

Tabla 8. Rendimiento de semillas (Kg. ha⁻¹) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2007.

Cultivares	Barrow	La Consulta	Pergamino	Paraná	La Cocha	Concepción del Uruguay	Rafaela	Sgo. del Estero	Promedio
Filial	794	3088	2030	3545	1364	2255	2921	2282	2285
Biolza	1023	3174	1987	2701	2584	2091	2709	3150	2427
Rivette	2184	2434	2117	2780	1425	2088	2563	1998	2199
Promedio de cultivares primaverales	1215	3077	1990	3228	1643	2299	2635	2651	2355

Las condiciones climáticas imperantes durante esta campaña en todo el país tuvieron una gran influencia sobre los resultados obtenidos en el cultivo. En el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, el invierno se presentó con heladas muy fuertes y continuadas con una marcada sequía que afectó la implantación del cultivo y el posterior crecimiento vegetativo. La situación hídrica se revirtió durante el periodo de floración y llenado pero las temperaturas fueron muy bajas afectando el número de silicuas y el llenado de granos. Se registraron precipitaciones muy escasas para la floración y llenado de granos lo cual hizo que los rendimientos fueran muy bajos.

En Paraná se produjeron muy buenas precipitaciones durante los meses previos a la siembra y durante la floración y el llenado de semillas lo que favoreció notablemente los rendimientos obtenidos.

El rendimiento promedio de Biolza de todas localidades en esta campaña se mantuvo levemente superior al promedio del resto de los cultivares, y que este promedio fue apenas superior al de las variedades Filial y Rivette.

III.4 Campaña 2008

En la campaña 2008 se evaluaron cultivares comerciales de tipo primaveral e invernal en 10 localidades: Barrow, Bordenave, Concepción del Uruguay, Famailla (La Cocha), Mendoza (La Consulta), Paraná, Pergamino, Rafaela, Santiago del Estero y Balcarce. Esta campaña se caracterizó por condiciones climáticas adversas (intensa sequía y heladas) por tal motivo, en algunas de esas localidades (Rafaela, Bordenave y La Cocha) los ensayos debieron discontinuarse.

Los cultivares analizados fueron 31 (20 primaverales y 11 invernales) y entre ellos se encontraban todos los incluidos en este trabajo: Biolza, Filial, Rivette (criadero Bioproductos®) Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 (criadero Nufarm®).

La tabla 9 describe la duración del ciclo total en días entre emergencia y la fecha de corte para esos 5 genotipos y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes según la localidad.

Tabla 9. Ciclo total (días de emergencia a corte) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008.

Cultivares	Balcarce	Barrow	La Consulta	Paraná	Concepción del Uruguay	Buenos Aires	Stgo. del Estero
Biolza	195	175	108	S/D	135	206	125
Filial	193	170	190	140	S/D	206	114
Rivette	191	173	182	S/D	134	199	112
Bioaureo 2386	191	182	S/D	127	134	202	114
Bioaureo 2486	192	184	S/D	S/D	S/D	206	114
Promedio de cultivares primaverales	196	180	180	136	106	205	123

Por su parte, la tabla 10 muestra la altura de planta (cm) al final de ciclo y el promedio de los otros cultivares primaverales participantes según la localidad y la tabla 11 hace lo propio con el rendimiento de semillas adicionando, en este caso, el promedio general de las localidades.

Tabla 10. Altura (cm) de planta de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008.

Cultivares	Balcarce	Barrow	La Consulta	Paraná	Concepción del Uruguay	Buenos Aires	Stgo. del Estero
Biolza	166	116	108	S/D	123	108	154
Filial	156	107	97	118	S/D	103	131
Rivette	135	173	87	S/D	90	107	112
Bioaureo 2386	148	108	S/D	S/D	90	108	129
Bioaureo 2486	160	96	S/D	S/D	93	107	117
Promedio de cultivares primaverales	151	107	95	114	134	118	143

Tabla 11. Rendimiento de semillas ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los cultivares Biolza, Filial y Rivette durante la campaña 2008.

Cultivares	Balcarce	Barrow	La Consulta	Paraná	Concepción del Uruguay	Buenos Aires	Stgo. del Estero	Promedio
Biolza	1697	1331	2347	S/D	1864	2106	2555	1983
Filial	1439	1036	2847	1443	S/D	2249	2521	1923
Rivette	1867	2517	3410	S/D	1776	1911	2535	2336
Bioaureo 2386	2109	1587	S/D	1739	1766	1779	2199	1863
Bioaureo 2486	1993	1500	S/D	S/D	1928	2257	1758	1887
Promedio General	1845	1370	2873	1360	1909	2182	2243	1969

La campaña de granos finos 2008 se caracterizó por la escasez de precipitaciones a comienzos del otoño, que es cuando generalmente se recarga el perfil, como durante todo el ciclo del cultivo. Los cultivares de ciclo más largo tuvieron períodos emergencia-floración más prolongados que los cortos. No sucedió lo mismo con el período reproductivo.

Existen cultivares de colza de ciclo corto que permiten desocupar el lote a mediados de octubre, facilitando la implantación de un cultivo de segunda en fechas tempranas. Para las condiciones ambientales de la campaña 2008, los cultivares de ciclo corto en general fueron más productivos que los de ciclo largo. Es probable que para una fecha de siembra más temprana y con mayor disponibilidad hídrica no se observe esta tendencia.

Estos resultados ponen de manifiesto que el cultivo se adapta a diferentes ambientes de producción y que, a pesar de presentarse limitantes climáticas en la mayoría de las zonas en los períodos analizados, el rendimiento fue aceptable. Además la red experimentó un crecimiento tanto en el número de materiales evaluados como de ambientes (localidades-zonas nuevas incorporadas) con lo cual ratifica su valor como instrumento de valoración de la interacción genotipo-ambiente.

A excepción de Bioaureo 2386, el promedio general de los cultivares primaverales fue, en esta campaña, escasamente inferior a Biolza y Filial contraponiéndose el comportamiento de Bioaureo 2486 que arrojó un promedio zonal marcadamente superior al promedio general.

OBJETIVOS

IV.1. Objetivo general

Evaluar a campo y en condiciones de secano el comportamiento de cultivares primaverales de colza en Río Cuarto.

IV.2. Objetivos específicos

- Registrar la ocurrencia de las etapas de crecimiento y desarrollo.
- Evaluar la estructura del canopeo a través del IAF en diferentes etapas fenológicas.
- Cuantificar la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por el cultivo en distintas etapas fenológicas.
- Determinar y cuantificar los componentes del rendimiento y la producción de semillas.
- Evaluar las relaciones entre la radiación solar interceptada, el IAF, la biomasa producida y el rendimiento de semillas y sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

V.1. Sitio experimental y diseño

El estudio se realizó en el Campo experimental de la UNRC, localizado en el Departamento Río Cuarto, próximo a la localidad de Las Higueras. Sus coordenadas son 33° 10' LS, 64° 29' LO y una altitud de 420 msnm.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres (3) repeticiones y los tratamientos fueron cinco (5) cultivares de colza primaveral: Biolza, Filial, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 y Rivette, todos producidos por la empresa Bioproductos®.

V.2. Caracterización del ambiente

V.2.1 Temperatura y lluvias

El régimen térmico del área del estudio es templado, la temperatura media anual es de 16,3 °C, la temperatura media del mes más caluroso (Enero) es de 22,8 °C y la correspondiente al mes más frío (Julio) es de 9,9°C (Comunicación personal)¹

El régimen de precipitaciones es monzónico porque el 80% de las mismas se concentra desde octubre hasta abril, siendo la media histórica de 805mm anuales.

V.2.2 Paisaje y suelo

El Departamento Río Cuarto está ubicado en la región caracterizada como llanuras bien drenadas con invierno seco. La zona presenta un paisaje de planicie intermedia con relieve normal-subnormal, suavemente ondulado a ondulado; con pendientes largas, de gradientes entre 0,5-1% (Cantero *et al.*, 1986).

El suelo donde se efectuó el ensayo es un Hapludol típico con un perfil de horizontes:

- Ap: 0 – 18 cm
- Bw1: 18 – 35 cm
- Bw2: 35 – 57 cm
- Bw3: 57 – 80 cm
- BC: 80 – 105 cm
- C: 105 – 163 cm
- Ck: 163 cm +

Su textura es franca arenosa a franca, el pH en el horizonte Ap es 6,9 y el contenido de materia orgánica es 2,63% (Comunicación personal)²

¹ Consulta personal con el Ing. Agr. Rotondo Victor, Profesor de la Cátedra de Agrometeorología Agrícola, FAV-UNRC. Río Cuarto, marzo de 2010.

² Consulta personal con el Ing. Agr. Hampp Eugenio, Profesor de la Cátedra de Sistema Suelos, FAV-UNRC). Río Cuarto, marzo de 2010.

V.3. Material vegetal

Para la elección de los materiales (Tabla 12) incluidos en el estudio se tuvo en consideración que fuesen representativos de genotipos primaverales y estuviesen disponibles en el mercado de semillas de colza. Adicionalmente, se verificó su participación en la red de evaluación de cultivares que coordina INTA Barrow en distintos ambientes a escala nacional aunque ninguna localidad de la provincia de Córdoba participa actualmente de la misma.

Tabla 12. Cultivares de colza seleccionados para el ensayo.

Nombre comercial	Tipo de cultivar	Ciclo	Criadero
Biolza	Variedad	Intermedio largo	Bioproductos®
Bioaureo 2386	Variedad	Intermedio corto	Bioproductos®
Rivette	Variedad	Corto	Bioproductos®
Filial	Variedad	Intermedio	Bioproductos®
Bioaureo 2486	Variedad	Intermedio corto	Bioproductos®

La siembra se realizó el día 24 de junio de 2008 cuando la humedad edáfica se incrementó después de tres precipitaciones ocurridas en los primeros veinte días del mes de junio y que totalizaron 14,2 mm.

Se empleó una densidad aproximada de 7 kg.ha⁻¹ con el objetivo de lograr una población de alrededor de 100 plantas.m⁻². La distancia entre surcos fue de 30 cm y la profundidad de siembra aproximada entre 2 y 3 cm.

Las dimensiones de la unidad experimental fueron 3,0 m de ancho (10 surcos a 0.30 m) por 6,0 m de largo, abarcando una superficie total por bloque de 90 m².

Se efectuaron monitoreos periódicos durante el ciclo del cultivo y se realizaron los siguientes controles de plagas y malezas según el cultivo lo requería, así como el agregado de nutriente:

- El 1° de agosto (31 DDS) se aplicó el insecticida Lambdacialotrina + Haloxifop r metil para el control de *Plutella xilostella*, “polilla de las coles” y de *Brevicoryne brassicae*, “pulgón ceniciento” y un gramínicida postemergente de acción sistémica para el control de *Triticum aestivum*, “trigo guacho”.
- El 12 de septiembre (81 DDS) se realizó una fertilización nitrogenada con urea granulada a razón de 80 kg.ha⁻¹ en el estado de roseta, con el objetivo de promover un mejor crecimiento y desarrollo posterior del cultivo.

Se dispuso de registros meteorológicos recuperados de la estación automática instalada en el campo experimental de la FAV-UNRC y ubicada a unos 500 m de las parcelas experimentales.

V.4. Mediciones y determinaciones

Para el registro de las etapas fenológicas se utilizó la clasificación fenológica europea (INRA-CETIOM). El IAF se midió con un equipo electrónico LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR, Inc.) efectuándose 4 lecturas por tratamiento y repetición con frecuencia semanal a partir de la etapa de floración. La radiación solar fotosintéticamente activa se obtuvo mediante lecturas con una barra integradora y registros en *data logger* modelo LI-1400 (LI-COR Inc.) a razón de 2 lecturas por tratamiento y repetición en los mismos períodos que se tomó el IAF.

La EUR para los diferentes cultivares, se estimó a través de Materia Seca media medida en los distintos estadios fenológicos y la Radiación Solar Interceptada Acumulada obtenida a partir de la relación entre porcentaje medio de Intercepción de la Radiación Solar de los cultivares en cada estado fenológico y la Radiación Solar Incidente media Diaria tomada por la casilla meteorológica.

Al momento de cosecha de cada cultivar, fecha en la que más del 90% de las plantas habían alcanzado el estado de madurez (tabla 13), se tomaron 2 muestras de 1 m² cada una por tratamiento y en cada bloque, para determinar el número y la altura de plantas, la altura de inserción de la primera silicua, el número de silicuas/planta, el peso de los 1000 granos y el rendimiento en granos.

Tabla 13. Fecha de cosecha de los diferentes cultivares de colza y duración total del ciclo.

Cultivar	Fecha de cosecha	Días de la Siembra
Biolza	27/11/2008	156
Bioaureo 2386	21/11/2008	150
Rivette	20/11/2008	149
Filial	01/12/2008	160
Bioaureo 2486	25/11/2008	154

Con los datos de biomasa (comunicación personal)³ y de RFA interceptada se calculó la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de los cultivares evaluados mediante ajuste a un modelo de regresión lineal.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA ($p < 0.05$) y los promedios comparados mediante test de Duncan ($p < 0.05$); ambos realizados con el programa estadístico InfoStat Profesional, versión 2005.

³ Consulta personal con Coria Luis, autor del Proyecto “Producción de Materia Seca y Rendimiento de Cultivares de Colza en Río Cuarto” sobre la medición de la biomasa del cultivo que se desarrolló en la misma unidad experimental y con los mismos cultivares. Febrero de 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI.1. Condiciones meteorológicas

En el gráfico 1 se presentan los datos de temperatura y precipitaciones registrados durante el ciclo de crecimiento de los cultivares de colza (entre siembra y corte del año 2008), junto con un registro histórico (1977-2006) de esas variables meteorológicas. De su análisis se infiere que las temperaturas máximas, medias y mínimas del período mayo-diciembre de 2008 fluctuaron alrededor de los valores medios históricos conservando una tendencia similar a éstos; el comienzo del invierno, período en que se realizó la siembra, se presentó con temperaturas medias elevadas con respecto a la media histórica (1977-2006) seguidas de un equilibrio.

Las precipitaciones mostraron una variación importante en cantidad y distribución respecto de la media histórica, la sequía afectó la implantación del cultivo y el posterior crecimiento vegetativo comprometiendo el desarrollo de área foliar y de altura final. La situación hídrica revertida durante finales de floración y en tanto el período de llenado, no contribuyó en el cuajado de granos, pero sí favoreció al llenado de los mismos. Cabe destacar que no hubo aparición de enfermedades en los cultivos en todo su ciclo.

Más allá de las condiciones adversas que sufrió la planta, el rendimiento promedio de los 5 cultivares evaluados fue de 10 qq.ha⁻¹ lo cual pone de manifiesto que ellos se adaptan muy bien al ambiente de producción.

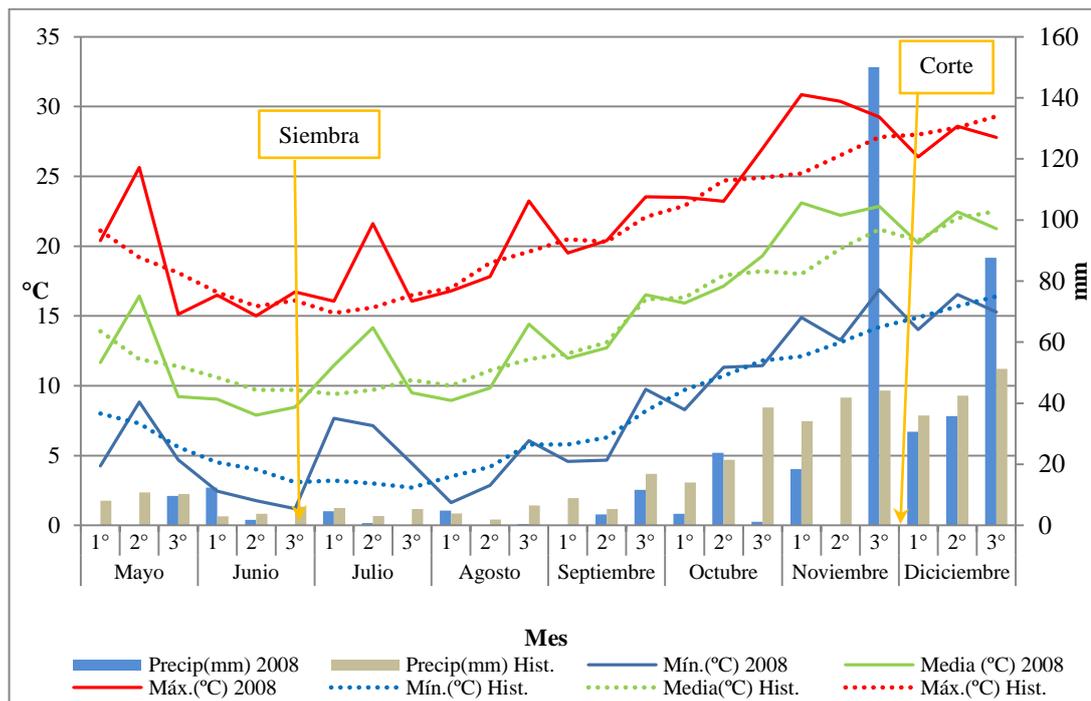


Gráfico 1: Temperaturas medias, máximas y mínimas y precipitaciones de 2008 y valores promedio históricos (1977-2006) para el período mayo a diciembre.

Fuente: Cátedra de Agrometeorología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC.

Para reflejar de mejor manera las condiciones hidrológicas del ciclo 2008, se calculó un balance hídrico seriado cuyos resultados (Gráfico 2) evidenciaron una marcada deficiencia hídrica durante casi todo ciclo del cultivo de colza ($ETR < ETP$ entre siembra y corte) con sólo dos momentos relativamente favorables (2^{da} década de octubre y 3^{ra} de noviembre).

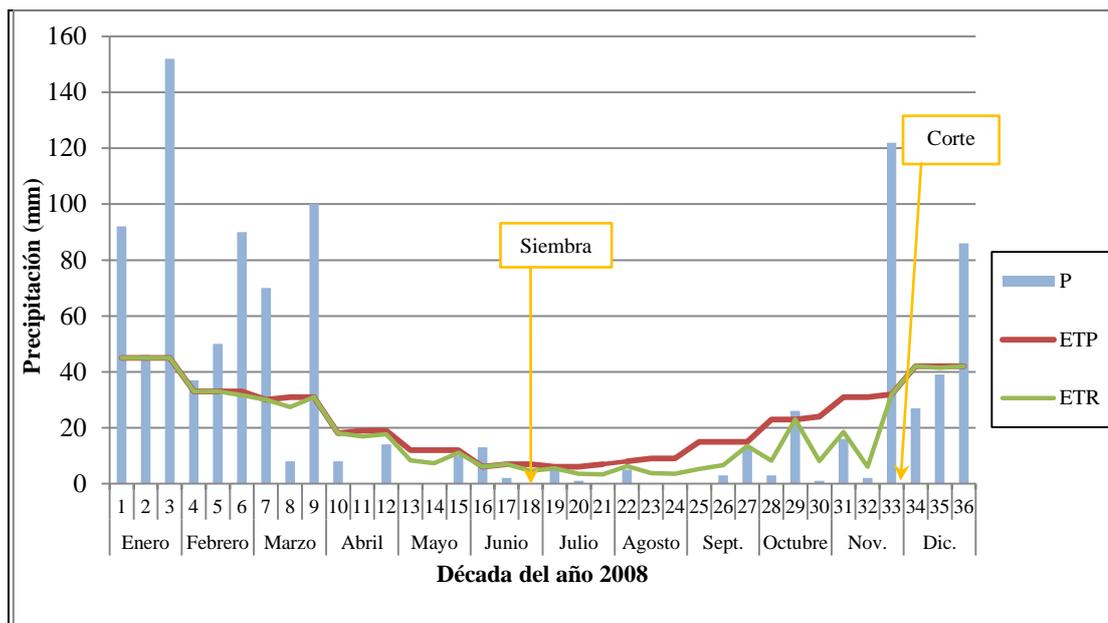


Gráfico 2: Balance hídrico seriado (BHS) por períodos decádicos mensuales para Río Cuarto, año 2008.

Fuente: Cátedra de Agrometeorología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC.

El cultivo de colza es muy exigente en humedad para la germinación de la semilla, según Giayetto (1995) el ritmo y la germinación total se reducen con la disminución del potencial mátrico y osmótico del agua del suelo. Entre -0,6 y -2,8 bares el efecto es muy pequeño, mientras que reducciones adicionales del potencial agua (-7,8 y -10,8 bares y menores) producen una fuerte disminución en ambos. A diferencia de otros cultivos invernales (trigo, cebada, avena) la semilla de colza requiere alta proporción de su peso en agua para germinar. Si las condiciones de humedad no son adecuadas se producen nacimientos muy desparejos que pueden afectar el número de plantas y la evolución total del cultivo, llegando al final del ciclo con plantas en diferentes estados de desarrollo que complicarán la cosecha (Iriarte *et al.*, 2008a).

En los estadios tempranos el cultivo no tiene necesidades importantes de agua y a medida que la planta avanza en su desarrollo los requerimientos son mayores. En el trabajo realizado por el Canola Council de Canadá se afirma que los mayores requerimientos (6 a 8 mm de agua por día) se registraron durante el período de floración y formación de semilla, disminuyendo luego a medida que se presenta el estado de madurez (Iriarte *et al.*, 2008a).

La falta de humedad adecuada durante el período vegetativo temprano reduce la expansión foliar y el crecimiento de la raíz. (Iriarte *et al.*, 2008a). Si el estrés se produce durante la floración y el llenado de silicuas sus efectos son: marchitamiento foliar, reducción del número de ramificaciones y de silicuas por planta, disminución del tamaño de silicuas, un menor número y peso de granos por silicua (Iriarte *et al.*, 2008a). Además, la falta de

agua disminuye la longitud de la floración y del llenado especialmente cuando se combina con temperaturas altas. (Iriarte *et al.*, 2008a).

Con respecto a estas respuestas, en este estudio las precipitaciones fueron escasas desde la siembra hasta mediados de floración y luego de estos estadios se acrecentaron hasta la cosecha, provocando desuniformidad y bajos rendimientos en los cultivares.

En el gráfico 3 se observa la tendencia creciente de la radiación solar media desde la siembra hasta la cosecha del cultivo, destacándose que el mayor aprovechamiento desde el período de roseta a floración fue captada por las hojas y desde finales de floración hasta madurez fisiológica por tallos y silicuas.

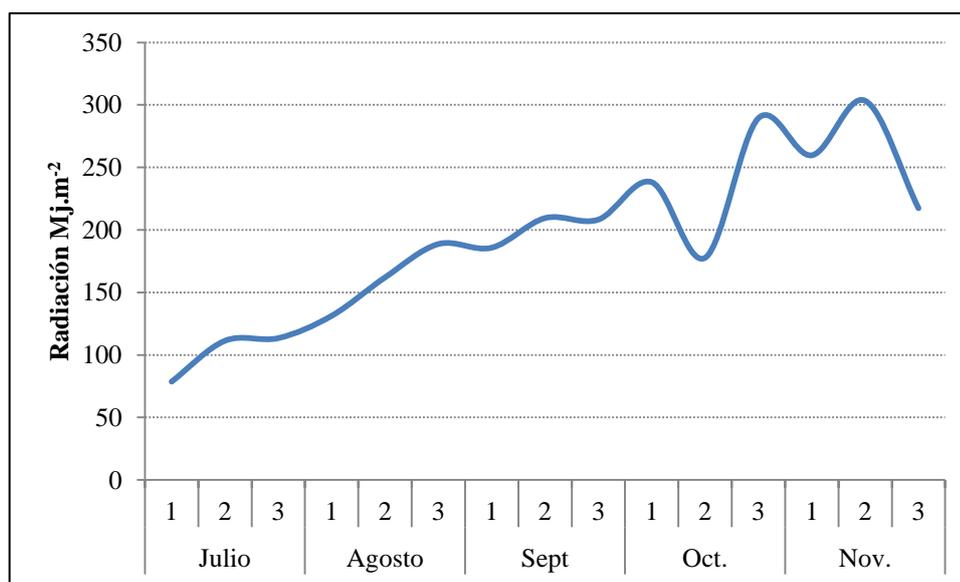


Gráfico 3: Radiación solar decádica durante el ciclo de crecimiento de la colza en Río Cuarto, año 2008.

Fuente: cátedra de Agrometeorología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC.

VI.2. Fenología

El gráfico 4 presenta la fenología comparada en días después de la siembra para los cinco cultivares. Se aprecia que las etapas de emergencia, roseta y elongación tuvieron una duración similar en todas las variedades pero que la misma fue muy variable en el período reproductivo (etapas de floración, maduración y cosecha). La floración comenzó prácticamente en la misma fecha para todas los cultivares; y la duración más corta fue para Rivette, la más larga para Filial las tres restantes variedades tuvieron una duración intermedia entre ambas.

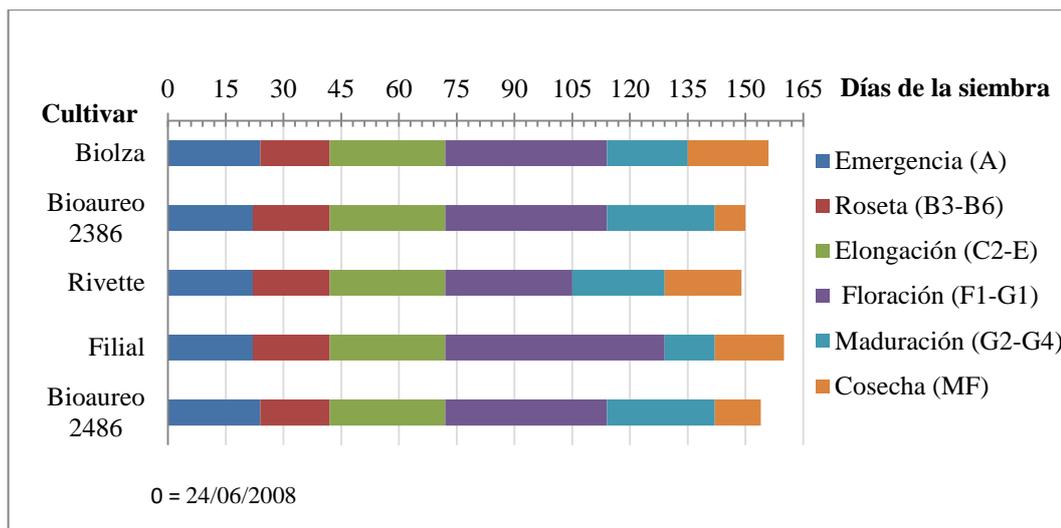


Gráfico 4: Duración (días) de las etapas fenológicas de los diferentes cultivares de colza evaluados según clasificación europea (INRA-CETIOM).

La ubicación geográfica del lote, la fecha de siembra y el tipo de cultivar afectan la duración del ciclo siembra-madurez que, para los cultivares primaverales sembrados en Argentina, varía entre 140 y 170 días. (Iriarte *et al.*, 2008b).

Tabla 14. Días desde la siembra a la cosecha de cultivares primaverales. Campaña 2006/07.

Localidad	Barrow	Paraná	La Consulta	Stgo. del Estero	Valle Inferior
Fecha de siembra	17/05	24/05	15/05	15/05	21/06
Ciclo total	167	153	176	146	169

Fuente: Ing. Liliana Iriarte y Zulma López. Chacra Experimental Integrada Barrow (Bs. As.).

En este trabajo el ciclo de siembra a madurez de los cultivares evaluados tuvo una duración de 148 a 158 días.

En nuestro país, el tiempo entre siembra y emergencia también es variable y tiene mucha relación con las condiciones de humedad y temperatura del suelo y con el sistema de siembra (directa o convencional). La información de la red nacional de evaluación de cultivares muestra, para el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, una duración de 10 a 26 días. (Iriarte *et al.*, 2008b). En cambio, en el norte del país (Santiago del Estero) ese proceso transcurre en menos tiempo (8 días) (INTA, 2010). Los datos obtenidos en este estudio, de 22 a 24 días, se ubican entre los valores referidos para la zona del centro-sur de la provincia de Buenos Aires, aunque podrían haber sido de menor duración si se tratase de siembras más tempranas (abril-mayo) cuando las condiciones de humedad y temperatura del suelo son más favorables (Giayetto, 1995).

Es importante que la roseta alcance un buen desarrollo rápidamente porque esto permitirá una mejor captación de luz, menor evaporación directa de agua desde el suelo y

mejor competencia con las malezas. (Iriarte *et al.*, 2008b). Sin embargo, en este trabajo no hubo un buen desarrollo de roseta, probablemente debido a que la siembra (24/06/08) se realizó en un período con temperaturas bajas que demoró la emergencia, como ya se mencionó, y de escasez de agua que limitó el crecimiento (entre 69,3 y 88,7 g.m⁻² de biomasa acumulada a esa etapa, según cultivares).

Según datos bibliográficos, la etapa de elongación de la vara floral tiene una duración aproximada de 10 a 18 días (Iriarte *et al.*, 2008b) y en este ensayo fue de 30 días.

Contrariamente a lo sucedido en la etapa fenológica anterior, las etapas de floración y formación de silicuas coincidieron con el reinicio de las lluvias primaverales (fines de septiembre y octubre) las que, sin alcanzar los valores históricos, igualmente mejoraron la disponibilidad hídrica para el cultivo y la temperatura también resultó más adecuada. La duración de este período fue de 33 a 57 días y en las regiones incluidas en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Colza el período de floración se extiende aproximadamente entre 30 y 35 días.

Es natural que ocurra aborto de las silicuas muy pequeñas. Estudios llevados a cabo en Canadá muestran que solamente el 40 a 55% de las flores producidas por una planta forman silicuas productivas. Estos estudios ponen de manifiesto que las flores abiertas durante los primeros 15 días de la floración son las que evolucionan a silicuas cosechables (Iriarte *et al.*, 2008b).

La maduración se inicia con la formación de las silicuas, seguida por el desarrollo de semillas hasta alcanzar su tamaño máximo en aproximadamente 35 a 45 días luego del inicio de floración (Iriarte *et al.*, 2008b). Los cultivares analizados alcanzaron un tamaño máximo entre los 13 y 28 días.

Los problemas que el cultivo pueda experimentar durante la implantación inciden también sobre los períodos vegetativo y reproductivo originando diferencias en el tiempo de maduración. Condiciones ambientales tales como la temperatura y la humedad relativa durante el período de maduración tienen una gran influencia. Una vez que se llegó a la madurez fisiológica, si estas condiciones son favorables, pierde humedad de 2 a 3% por día (Iriarte *et al.*, 2008b). Además, posee gran higroscopicidad, lo que confiere condiciones para perder o captar agua muy fácilmente (Iriarte y Valetti, 2008a).

En el ensayo se logró una maduración pareja pero el corte se postergó unos días por la alta humedad relativa que provocaron las precipitaciones ocurridas en la tercera década de noviembre las que dificultaron el secado.

VI.3. Crecimiento

El crecimiento se cuantificó a través de tres variables (biomasa, IAF y altura de planta). Los valores de materia seca producida y acumulada durante el ciclo de la colza se indican en la Tabla 15 junto con los datos de altura final de planta.

Tabla 15. Biomasa aérea en diferentes etapas fenológicas entre emergencia y madurez y altura media final de la planta de los cultivares de colza evaluados.

Estados Fenológicos							
Cultivar	Altura (cm)		Emergencia	Roseta	Elongación	Floración	Maduración
Biolza	61 a	DDS	24	67	95	121	148
		<i>MS (gr.m⁻²)</i>	-	82,8	173,5	319,4	460,4
Bioaureo 2386	50 b	DDS	22	67	92	116	142
		<i>MS (gr.m⁻²)</i>	-	77,3	174,3	229,3	548,3
Rivette	47 b	DDS	22	67	86	102	135
		<i>MS (gr.m⁻²)</i>	-	83,7	176,0	206,5	426,3
Filial	63 a	DDS	22	67	105	126	148
		<i>MS (gr.m⁻²)</i>	-	88,7	195,1	307,1	530,0
Bioaureo 2486	51 b	DDS	24	67	105	121	142
		<i>MS (gr.m⁻²)</i>	-	69,3	186,1	306,0	422,1

Letras diferentes en la columna de altura de planta indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

En general, la altura de planta reflejó un crecimiento limitado por las condiciones ambientales del ciclo; no obstante se detectaron diferencias significativas entre genotipos siendo Filial y Biolza, ambos de ciclo más largo, los que alcanzaron mayor altura comparados con los otros tres cultivares. Ensayos de fertilización coordinados por la Chacra Experimental de Barrow arrojaron valores promedio de altura de planta de 91,4 cm en el tratamiento testigo sin fertilizar y de 115,7 cm con la aplicación de fosfato diamónico a la siembra y urea en el estado de roseta (Alonso, 2007). A pesar de que a los 81 DDS, en el estado de roseta, se realizó una fertilización nitrogenada con urea granulada a razón de 80 kg.ha⁻¹, la misma no pudo ser aprovechada por los cultivares por el escaso contenido hídrico del suelo en esa etapa. Las precipitaciones fueron despreciables hasta los 21 días después de la fertilización, lo cual favoreció la volatilización del fertilizante.

El gráfico 5 muestra la evolución del IAF de todos los cultivares desde mediados de floración hasta la finalización del ciclo. El patrón fue similar para todos los cultivares analizados con un incremento rápido entre mediados a fines de floración y la cosecha, pasando en ese lapso de 0,8-1,2 a 1,3-1,7 (valores máximos) y declinando hacia el final del ciclo con valores finales menores a 0,8. Además, el valor promedio máximo del ensayo resultó marcadamente inferior al valor de IAF óptimo característico de este cultivo. El cultivar Filial se destacó ligeramente del resto pues en el día 106 DDS tenía un IAF bajo

(inferior a 1) pero a los 115 DDS superó levemente al resto de los cultivares (IAF= 1,7) y mantuvo esa posición relativa hasta los 136 DDS cuando se equiparó al resto.

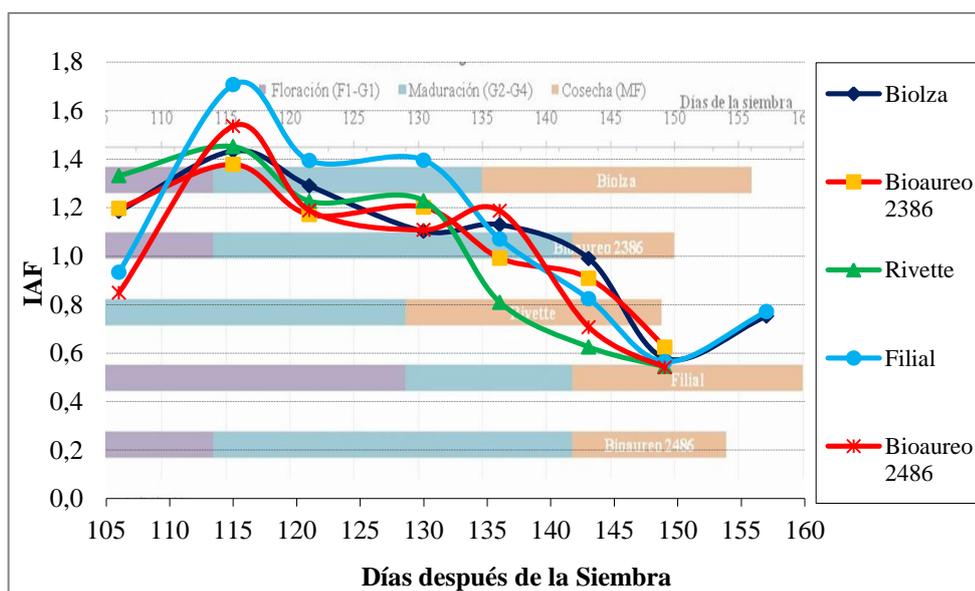


Gráfico 5: Índice de área foliar (IAF) de los distintos cultivares de colza entre mediados de floración y madurez en Río Cuarto (ciclo 2008).

Para que un canopeo de colza logre una interceptación aproximadamente del 90% de la radiación incidente se requiere un IAF aproximadamente igual a 4 y el máximo IAF para *Brassica napus* está entre 3 y 6 (Alonso, 2007). Cuanto mayor sea el área foliar expuesta al sol, mayor es la cantidad de materia seca producida por día y más materia seca implica mayor rendimiento potencial (Alonso, 2007). El IAF de colza comienza a crecer poco después de principios de floración. En plena floración los tallos comienzan a ser la principal estructura fotosintética, aunque las hojas todavía son importantes. Al comienzo de la maduración las silicuas y los tallos aportan la mayoría de los fotoasimilados. (Alonso, 2007). Comparando los datos de IAF medidos en este trabajo con estas referencias, resulta evidente el menor crecimiento foliar que lograron los cultivares analizados.

VI.4. Interceptación y eficiencia de uso de la RFA

El gráfico 6 muestra la tendencia en la interceptación de la RFA seguida por los cultivares evaluados desde mediados de floración en adelante. En general se observó un patrón con forma de campana similar al descripto para el IAF (Gráfico 5); con un incremento entre los 105 y 120/130 DDS, según los cultivares, y una declinación posterior hacia el final del ciclo del cultivo. Aquí también Filial logró el mayor porcentaje de RFA interceptada (alrededor de 72%) seguido de Bioaureo 2486 y Biolza que superaron escasamente el 60%; mientras que los demás cultivares alcanzaron porcentajes menores a 60%. En el período de

maduración y cosecha, comprendido entre los 135 y 150 DDS, los cultivares, excepto Rivette, tuvieron valores muy parecidos entre sí.

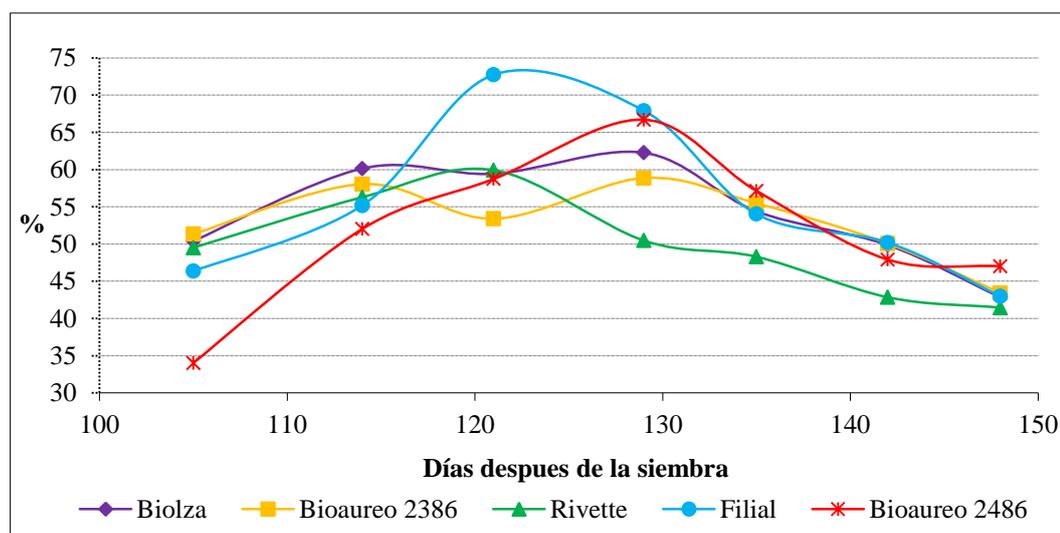


Gráfico 6: Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada por los distintos cultivares de colza desde mediados de floración y hasta la finalización del ciclo del cultivo en Río Cuarto.

Con los valores acumulados de RFA interceptada y biomasa aérea total se calculó la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de cada genotipo como la pendiente del mejor ajuste lineal entre ambas variables (Gráfico 7 y Tabla 16). Similar a lo determinado por (Trentacoste *et al.*, 2007), la biomasa se relacionó linealmente con la RFAi en todos los casos ($R^2 > 0,961$).

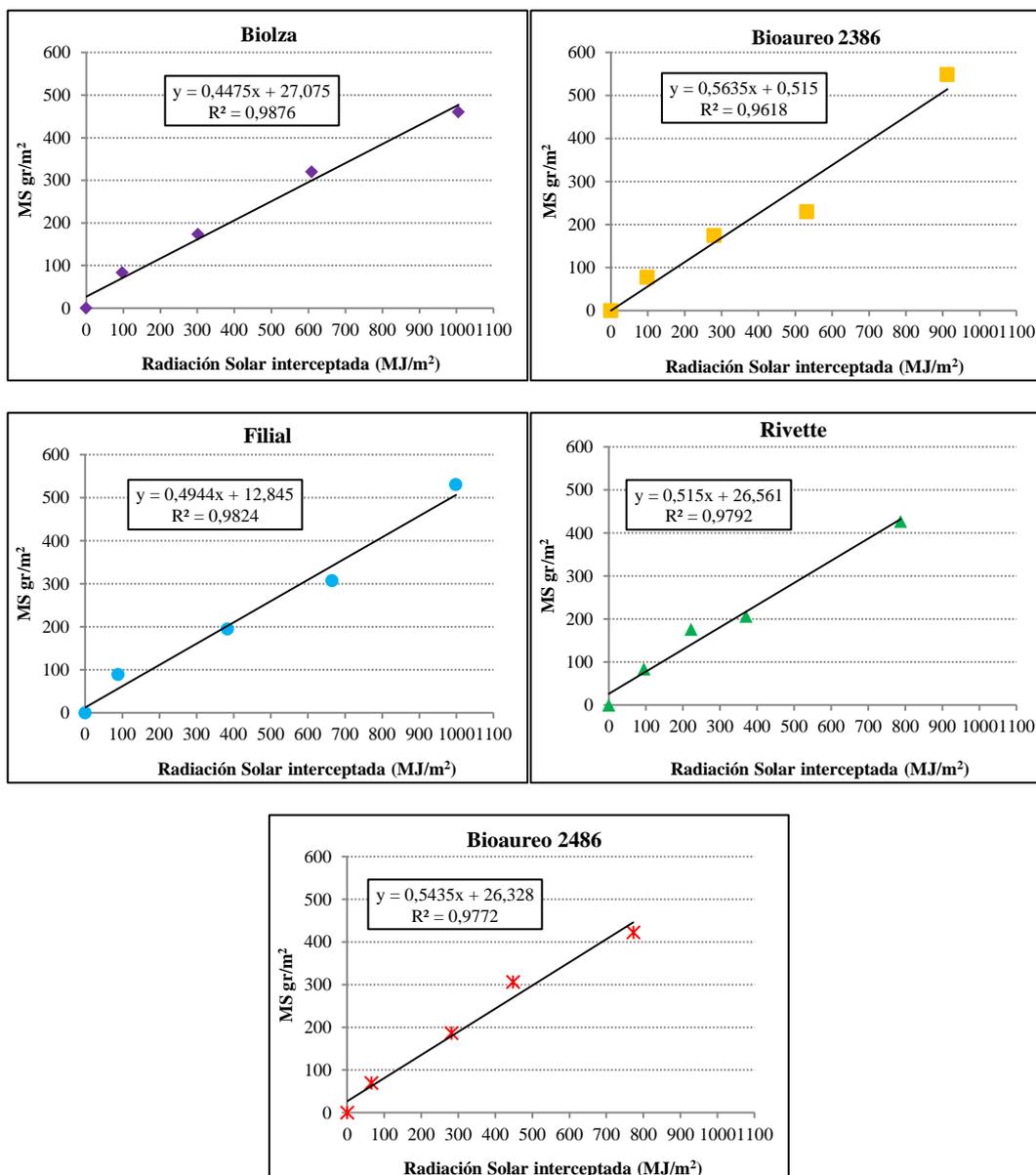


Gráfico 7: Ajustes al modelo lineal de la relación entre biomasa aérea y RFAi acumuladas para cada uno de los cultivares evaluados.

Tabla 16. Eficiencia de uso de la radiación solar de los diferentes cultivares calculada como la pendiente de la relación entre biomasa acumulada y RFAi acumulada.

Cultivar	EUR $\text{gr.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$
Biolza	0,45
Bioaureo 2386	0,56
Rivette	0,51
Filial	0,49
Bioaureo 2486	0,54

Según datos tomados en Balcarce, el promedio de los cultivos de colza fue de 2.28 $\text{gr.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$ de RFA. (Trentacoste *et al.*, 2007)

Los valores de EUR fueron similares para el conjunto de cultivares y se ubicaron en un rango de 0,11 $\text{gr.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$, siendo Bioaureo 2386 el genotipo que obtuvo el valor mayor (0.56 $\text{gr.m}^{-2}.\text{MJ}^{-1}$).

VI.5. Componentes del rendimiento

Como se describió en la metodología, se sembró una cantidad de semillas de $7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ con el objetivo de establecer una población de alrededor de $100 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ que llegara a cosecha con aproximadamente $80 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$. Los resultados al final del ciclo del cultivo indicaron entre 50 y 65 $\text{plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ (Gráfico 8) disminución, respecto a la densidad esperada, causada por el déficit hídrico del suelo a la siembra que redujo o limitó la germinación de un alto número de semillas. A ello se sumó el daño provocado por aves (palomas) que consumieron los cotiledones de algunas plántulas después de la emergencia. No se observaron otras pérdidas durante el ciclo del cultivo.

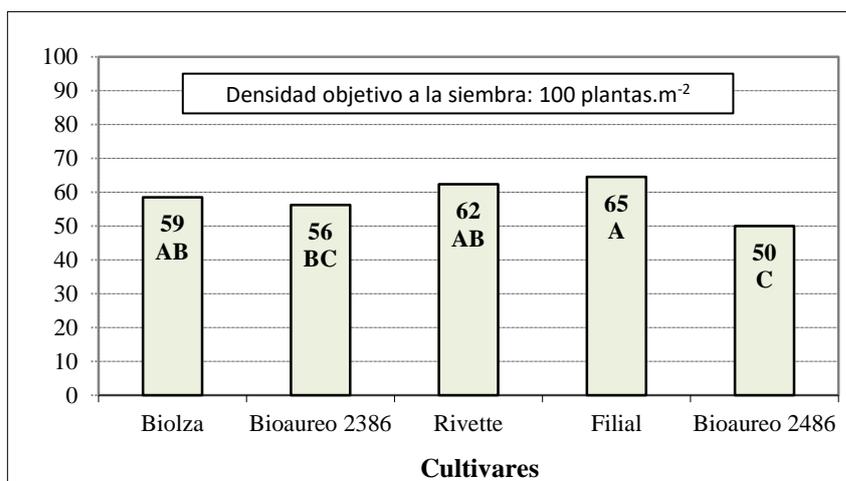


Gráfico 8: Número promedio de plantas a cosecha de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

VI.5.1. Altura de inserción de la primera silicua

En gráfico 9 presenta los datos medidos de altura de inserción de la primera silicua, variable de interés al momento de decidir la altura de corte en la operación de cosecha indirecta. La respuesta de los cultivares mostró un patrón similar al de altura final de la planta (Tabla 15), con los valores más altos para Filial y Biolza, ambos significativamente superiores a las otras tres variedades. La correlación entre altura de planta y de inserción de primera silicua fue de 0,94.

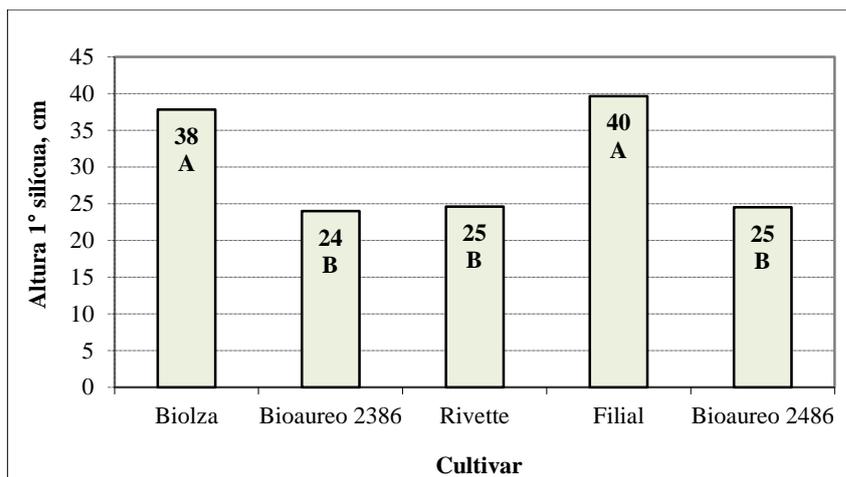


Gráfico 9: Valores promedio de la altura de inserción de la primera silícula de los cultivares de colza en Río Cuarto. *Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).*

VI.5.2. Número de silicuas por planta

Se detectó respuesta genotípica significativa de este componente (Gráfico 10) a favor del cultivar Bioaureo 2486 que produjo el mayor número de silicuas por planta (71) superando significativamente a los otros cuatro que no difirieron entre sí.

Ensayos realizados en varios ambientes del centro-sur de la provincia de Buenos Aires mostraron que la respuesta del número de silicuas por planta en colza primaveral a la fertilización con nitrógeno y fósforo, arrojó un promedio de 83 silicuas/planta contra 58 silicuas/planta para el testigo (Iriarte y Valetti, 2008b)

Si bien en este ensayo se realizó una fertilización nitrogenada con urea granulada a los 81 DDS (12/09/2008), en un ciclo de crecimiento con déficit hídrico extendido, el número medio de 57 silicuas/planta obtenido fue semejante al valor del tratamiento testigo citado. Se infiere, entonces, que el aprovechamiento del nutriente fue bajo sin efecto sobre esta variable.

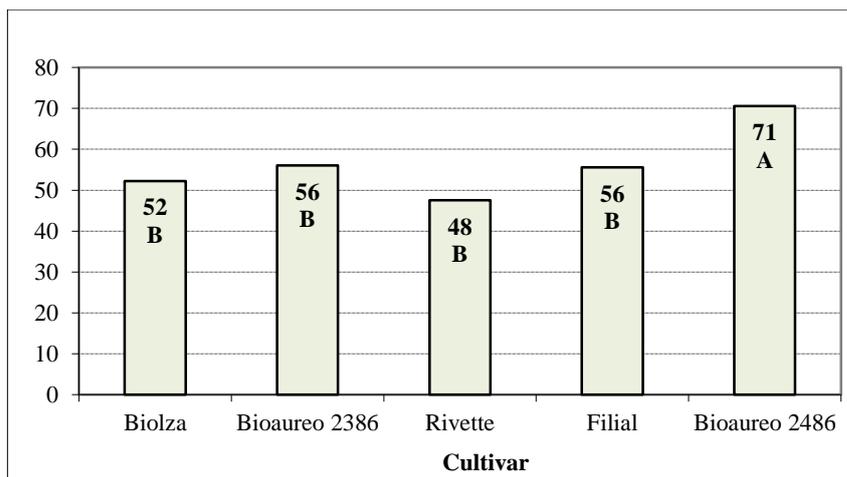


Gráfico 10: Número promedio de silicuas por planta de los cultivares de colza en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

VI.5.3. Número de semillas por superficie

El gráfico 11 ilustra el número de semillas por superficie producido por cada cultivar y señala también las diferencias estadísticamente significativas detectadas entre ellos. Bioaureo 2386 produjo el mayor valor de semillas.m⁻² y superó significativamente a Filial, Biolza y Rivette. Mientras que Bioaureo 2486, ubicado en segundo lugar, sólo se diferenció significativamente de Biolza en el extremo opuesto de la serie.

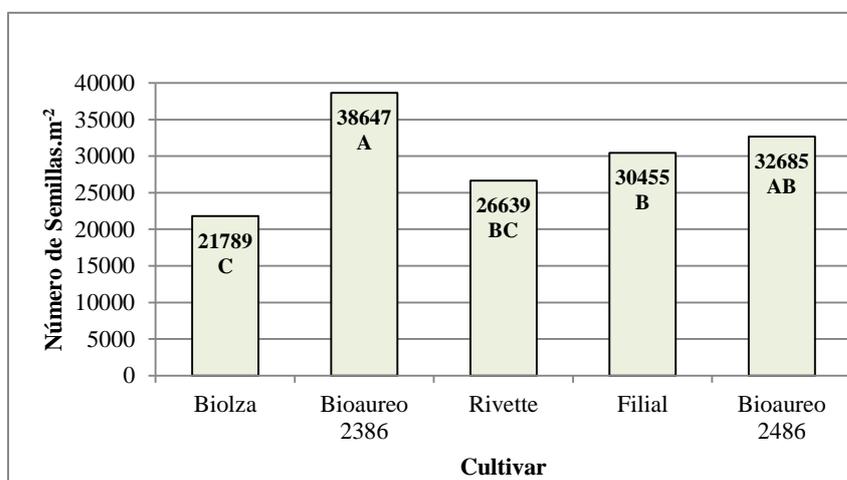


Gráfico 11: Número de semillas por superficie de los cultivares de Colza en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

VI.5.4. Peso individual de semillas

Los datos obtenidos en el presente trabajo (Gráfico 11) indican que el peso de 1000 granos de todos los cultivares evaluados se ubicó entre los valores estándares, teniendo en cuenta el mismo varía entre 2 y 4 gramos según la calidad de la semilla (Iriarte y Valetti, 2008c). Rivette tuvo el mayor valor (3,5 g/1000 semillas) y difirió de Bioaureo 2386 y Filial

(con el menor peso, 3,14 g); mientras que Biolza y Bioaureo 2486 se ubicaron en valores intermedios.

Otras evaluaciones del cultivo de colza analizaron comparativamente la fecha de corte con el peso de 1000 granos, señalando que con cortes en la última decena del mes de noviembre se obtuvieron pesos entre 1,15-2,55 gr (Alonso, 2007). Comparando esta referencia con los datos obtenidos en este estudio (3,14-3,49 gr cada 1000 semillas) se observó que, para un período de corte similar, el peso individual de los granos fue mayor.

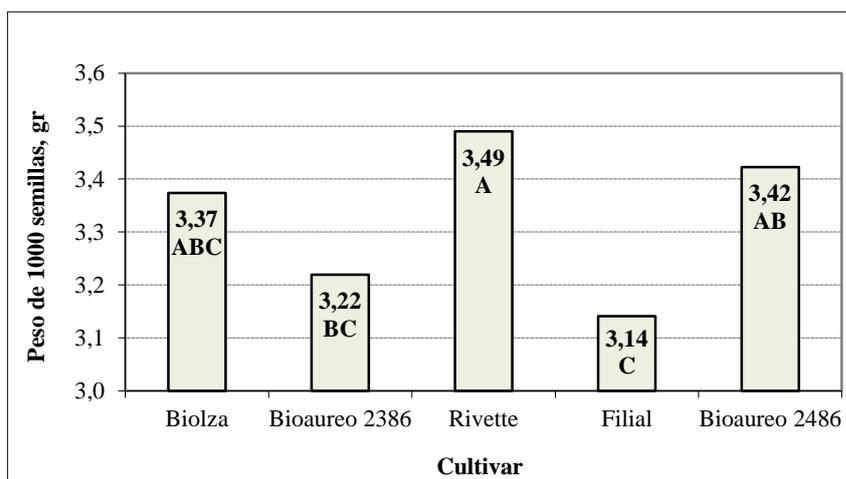


Gráfico 12: Peso promedio de 1000 semillas de los cultivares de colza en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

VI.6 Rendimiento de semillas

El rendimiento general del estudio estuvo muy por debajo del potencial que estos mismos materiales han producido en otros sitios (gráfico 13), lo que se puede adjudicar a las condiciones hidrológicas extremadamente limitantes del ciclo invernal 2008 las que se reflejaron en el crecimiento del cultivo (biomasa aérea total, altura de planta, IAF) y en los componentes del rendimiento. No se produjo la habitual recarga otoñal de humedad del suelo, que se produce normalmente con las lluvias de marzo y abril, a lo que agregó un retraso importante en la fecha de siembra que redujo el período de roseta y, con ello, el crecimiento foliar.

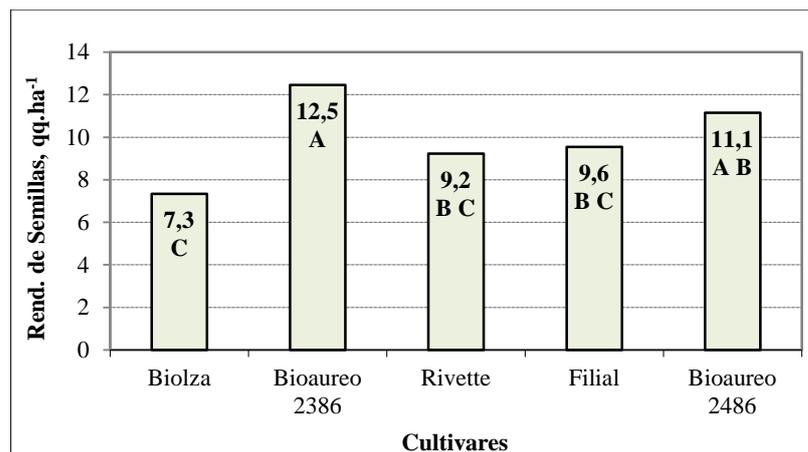


Gráfico 13: Rendimiento de semillas (qq.ha⁻¹) promedio de los cultivares de colza en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ($p < 0.05$).

Los cultivares Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 produjeron los mayores rendimientos de semillas por hectárea (12.5 y 11.2 qq.ha⁻¹, respectivamente) sin diferencias estadísticas entre ellos (gráfico 13). Le siguieron, en orden decreciente, Filial y Rivette que se diferenciaron significativamente de Bioaureo 2386 pero no de Bioaureo 2486 y tampoco lo hicieron de Biolza que produjo el menor rendimiento del ensayo con 7,3 qq.ha⁻¹.

El rendimiento de cultivares primaverales sembrados en junio fue de 18,7 qq.ha⁻¹ y para las siembras de julio de 14,0 qq.ha⁻¹ promedio de 4 años de evaluación en Chacra Experimental Integrada de Barrow (Iriarte y Valetti, 2008). Los cultivares usados en este trabajo, sembrados en Barrow durante la misma campaña (2008), produjeron rendimientos superiores y variaron sus posiciones relativas. Así, Rivette fue la variedad de mayor rendimiento (25,2 qq.ha⁻¹) y superó significativamente a las otras cuatro. Bioaureo 2386 y 2486 tuvieron valores intermedios (15,9 y 15,0 qq.ha⁻¹, respectivamente) seguidos de Biolza (13,3 qq.ha⁻¹) y Filial fue la variedad que, en este caso, ocupó el extremo inferior con 10,4 qq.ha⁻¹ (INTA, 2008).

La tabla 17 presenta una síntesis de los resultados para cada uno de los cultivares ensayados a partir de los cuales se calcularon algunas relaciones.

Tabla 17. Altura de planta y de inserción de primera silicua, componentes del rendimiento y producción de semillas de los cinco cultivares de colza sembrados en Río Cuarto.

Cultivares	Altura de planta (cm)	Altura inserción 1 ^a silicua (cm)	Nº silicuas por planta	Nº plantas a cosecha por m ²	Nº semillas por m ²	Peso 1000 semillas (gr)	Rendimiento de semillas (kg.ha ⁻¹)
Biolza	61 a	38 a	52 b	59 ab	21.789 c	3,37 abc	734,3 c
Bioaureo 2386	50 b	24 b	56 b	56 bc	38.647 a	3,22 bc	1244,4 a
Rivette	47 b	25 b	48 b	62 ab	26.639 bc	3,49 a	929,7 bc
Filial	63 a	40 a	56 b	65 a	30.455 b	3,14 c	956,3 bc
Bioaureo 2486	51 b	25 b	71 a	50 c	32.685 ab	3,42 ab	1117,8 ab
<i>Promedio</i>	54,4	30,4	56,6	58,4	30.043	3,33	996,5
<i>Valor de p</i>	<0,0001	<0,0001	0,0020	0,0045	0,0006	0,031	0,0009

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según test de Duncan.

Como para la mayoría de los cultivos de grano, el rendimiento de colza también es el resultado de los componentes directos, número de granos que se establecen por unidad de superficie y el peso unitario que alcanzan esos granos (Cárcova *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento lo produjeron Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486, cultivares que también tuvieron el número de semillas por metro cuadrado más alto, aunque no así mismo el peso individual de los granos que mostró, en general, una relación débil con el rendimiento.
- Las relaciones entre los componentes directos y el rendimiento fue estrecha y con buen grado de ajuste para número de semillas.m⁻² ($R^2= 0.959$) pero muy débil, en cambio, para el peso individual ($R^2= 0.070$).
- Un componente indirecto del rendimiento, en este caso el número de silicuas por planta, también mostró una relación positiva con el rendimiento de semillas ($R^2= 0.252$).
- La EUR calculada para la biomasa aérea total acumulada, también se relacionó positivamente con el rendimiento de semillas ($R^2= 0.949$). Aunque el rango de variación de la EUR fue estrecho parece reflejar diferencias genotípicas que se podrían expresar bajo condiciones de cultivo menos limitantes como las experimentadas en el ciclo 2008.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. 2007. Manejo del cultivo. Revista: **Agromercado** (137): 5-11.
- CANTERO G., A., E.M. BRICCHI, V.H. BECERRA, J.M. CISNEROS y H.A. GIL 1986. Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba). UNRC, FAV. Mim. 80 p.
- CÁRCOVA, J., G. ABELEDO y M. LÓPEZ PEREIRA. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. Libro: Producción de Granos. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Cap. 6. p: 86
- CARRIZO, L. y E. VILLAMIL DESTEFANIS. 2007. La canola llegó para quedarse. Revista: **Agromercado** (137): 14-15.
- GIAYETTO, O. 1995. Modelo de Simulación de la Colza (*Brassica napus* L. forma *annua*) en la región de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). Tesis Magister Scientiae: Facultad de Agronomía, UBA, Argentina.
- GÓMEZ, N.V. y D.J. MIRALLES. 2006. Colza. En: **Cultivos Industriales**. de la Fuente, E. B., A. Gil, P.I. Gimenez, A.G. Kantolic, M. López Pereira, E.L. Ploschuk, D.M. Sorlino, P. Vilariño, D.F. Wassner y L. B. Windauer editorial Facultad de Agronomía UBA. Cap. 2.4. p: 183-239.
- INTA. 2006. RED NACIONAL DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE COLZA 2006. En: www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/red%20colza%202006.pdf. Consultado: 30-06-2010.
- INTA. 2007. RED NACIONAL DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE COLZA 2007. En: www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/red_colza_2007.pdf. Consultado: 30-06-2010.
- INTA. 2008. RED NACIONAL DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE COLZA 2008. En: www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/Informe%20evaluacion%20cultivares%20preliminar%202008.pdf. Consultado: 30-06-2010.
- IRIARTE, L. y O. VALETTI. 2008 a. Cosecha de colza (actualización Manual PROPECO) En: **Cultivo de Colza** 1nd. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP-INTA 117-142.
- IRIARTE, L. y O. VALETTI. 2008 b. Nutrición del cultivo, En: **Cultivo de Colza** 1nd. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP-INTA 69-75.
- IRIARTE, L. y O. VALETTI. 2008 c. Tecnología del cultivo. En: **Cultivo de Colza** 1nd. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP – INTA 55-67.

- IRIARTE, L., O. VALETTI, Z. y LOPEZ. 2008 a. Influencia de la temperatura sobre el cultivo. En: **Cultivo de Colza 1nd**. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP – INTA. 31-38.
- IRIARTE, L., O. VALETTI y C. APELLA, 2008 b. Descripción de la planta. En: **Cultivo de Colza 1nd**. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP – INTA. 23-30.
- MIGUEZ, F. 2007. ¿Por qué colza? Revista: **Agromercado** (137): 2-4.
- TRENTACOSTE, E., P. ABBATE y V.O. SADRAS. 2007. Doble cultivo Colza-Soja: evaluación y modelización del sistema.
- VALETTI, O. 2007. Cultivo Colza, tema: Colza Canola. Origen: INTA – Argentina Informe N°: 5657–687. En: www.agromail.net/agro/Colza+-+Canola/Cultivo+de+la+colza.html. Consultado: 16-07-2007.