

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final

Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

**PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE**  
**COLZA (*Brassica napus L.*) EN RÍO CUARTO**

Autor: Luis Alberto Coria

DNI: 30.310.569

Directora: Prof. Elena M. Fernández

Río Cuarto – Córdoba

Argentina

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE  
COLZA (*Brassica napus L.*) EN RÍO CUARTO

Autor: Luis Alberto Coria

DNI: 30.310.569

Directora: Prof. Dra. Elena M. Fernández

Co-Director: Prof. MSc. Giayetto, Oscar

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Prof. MSc. Jose O. Plevich \_\_\_\_\_

Prof. MSc. Alcides Ricotto \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Elena M. Fernández \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Aprobado por Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Secretario Académico

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	VI
SUMMARY .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	1
HIPÓTESIS .....	7
OBJETIVOS .....	7
Objetivo general .....	7
Objetivos específicos .....	7
MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
Diseño y sitio experimental.....	8
Caracterización del ambiente .....	8
Temperatura y lluvias.....	8
Paisaje y suelo .....	8
Material vegetal.....	9
Mediciones y determinaciones .....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo .....	11
Fenología.....	12
Producción de materia seca .....	14
Materia seca en las hojas .....	14
Materia seca en los tallos .....	16
Materia seca en primordios florales y flores .....	18
Materia seca en silicuas.....	20
Evolución de peso seco total .....	22
Altura de inserción de la primera silicua.....	23
Altura de la planta .....	24
Componentes del rendimiento.....	24
Número de silicuas por planta.....	24
Número de semillas por superficie.....	25
Peso de las semillas .....	26
Número de plantas por superficie.....	26
Rendimiento por hectárea.....	27
Materia seca y rendimiento .....	28
CONCLUSIONES .....	30
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Página

Figura 1: Temperaturas medias, máximas y mínimas y precipitaciones de 2008 y valores promedio históricos (1977-2006) para el período mayo a diciembre. ....	11
Figura 2: Balance hídrico seriado (BHS) por períodos decádicos mensuales para Río Cuarto, año 2008.....	12
Figura 3: Radiación solar diaria durante el ciclo de crecimiento de la colza en Río Cuarto, año 2008.....	12
Figura 4: Duración (días) de las etapas fenológicas de los diferentes cultivares de colza evaluados según clasificación europea (INRA-CETIOM).....	13
Figura 5: Materia seca de hojas en roseta .....	14
Figura 6: Materia seca de hojas en elongación.....	14
Figura 7: Materia seca de hojas en floración.....	15
Figura 8: Materia seca de hojas en maduración .....	15
Figura 9: Materia seca de hojas en madurez fisiológica.....	15
Figura 10: Evolución del peso seco de las hojas por m <sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo .....	16
Figura 11: Materia seca de tallos en elongación .....	16
Figura 12: Materia seca de tallos en floración .....	17
Figura 13: Materia seca de tallos en maduración.....	17
Figura 14: Materia seca de tallos en madurez fisiológica .....	17
Figura 15: Evolución del peso seco de los tallos por m <sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo .....	18
Figura 16: Materia seca de flores y primordios en elongación .....	18
Figura 17: Materia seca de flores y primordios en floración.....	19
Figura 18: Materia seca de flores y primordios en maduración .....	19
Figura 19: Materia seca de flores y primordios en madurez fisiológica .....	19
Figura 20: Evolución del peso seco de los primordios florales y flores por m <sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo .....	20
Figura 21: Materia seca de silicuas en floración .....	21
Figura 22: Materia seca de silicuas en maduración.....	21
Figura 23: Materia seca de silicuas en madurez fisiológica .....	21
Figura 24: Evolución del peso seco de las silicuas por m <sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo .....	22
Figura 25: Evolución del peso seco total por m <sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo .....	23

Figura 26: Altura de inserción de la primera silicua de los cultivares de colza en Río Cuarto.....	23
Figura 27: Altura promedio de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto .....	24
Figura 28: Número de silicuas por planta de los cultivares de colza en Río Cuarto .....	24
Figura 29: Número de semillas por superficie de los cultivares de Colza en Río Cuarto .....	25
Figura 30: Peso de 1.000 semillas de los cultivares de colza en Río Cuarto .....	26
Figura 31: Número de plantas por superficie (m <sup>2</sup> ) de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto.....	27
Figura 32: Producción de materia seca total del ciclo de cada cultivar.....	29
Figura 33: Producción de materia seca total acumulada y rendimiento de 5 cultivares.....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Cultivares de colza utilizados en el ensayo .....	9
Cuadro 2. Rendimientos, materia seca en madurez fisiológica e índice de cosecha según cultivar.....	28

## RESUMEN

### PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE COLZA (*Brassica napus L.*) EN RÍO CUARTO

La región de Río Cuarto es un ambiente potencial para el desarrollo del cultivo de colza (*Brassica napus L.*) por lo que se consideró necesario generar información sobre la evolución de la producción de materia seca en diferentes estadios fenológicos y la generación de rendimiento de genotipos de colza. El ensayo se diseñó en bloques al azar con tres (3) repeticiones, el tratamiento fue el cultivar de colza primaveral con cinco (5) niveles: Biolza, Rivette, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 y Filial. El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria – UNRC, en Río Cuarto. Durante el ciclo se realizó el seguimiento fenológico y se determinó la producción de materia seca en diferentes momentos del ciclo de cada uno de los cultivares. A la cosecha, se estimó el índice de cosecha, el rendimiento y sus componentes. Se observó diferencias en la acumulación de materia seca de hojas, tallos, primordios florales y flores, silicuas y semillas en diferentes etapas fenológicas. El cultivar Bioaureo 2486 acumuló la mayor cantidad de silicuas por planta, Bioaureo 2386 el de semillas por superficie y Rivette el mayor peso de 1.000 semillas. Los cultivares Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 produjeron los mayores rendimientos de semillas por hectárea.

Palabras claves: colza, materia seca, rendimiento, peso semillas, silicuas por planta.

## SUMMARY

### DRY MATTER PRODUCTION AND RAPESEED YIELD

(*Brassica napus L.*) IN RÍO CUARTO

Río Cuarto region is a potential environment for the rapeseed (*Brassica napus L.*) crop development so it was considered necessary to generate information on the evolution of the dry matter production at different phenological stages and the generation of rapeseed genotypes performance. The trial was designed in randomized blocks with three (3) replications; the treatment was the spring rapeseed cultivar with five (5) levels: Biolza, Rivette, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 and Filial. The study was conducted at the experimental field of the Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine - UNRC, in Río Cuarto. During the cycle, the monitoring of phenological stages was performed and the dry matter production at different times of the cycle of each cultivar was determined. In the harvest time, the harvest index, yield and its components were determined. Differences in dry matter accumulation of leaves, stems, floral buds and flowers, siliqua and seeds in different phenological stages were observed. The Bioaureo 2486 cultivar accumulated the greatest number of siliqua per plant, Bioaureo 2386 the greatest number of seed area and Rivette the greatest weight of 1000 seeds. The Bioaureo 2386 and Bioaureo 2486 cultivars produced the highest yields of seed per hectare.

Keywords: rapeseed, dry matter, yield, seed weight, siliqua per plant.

## INTRODUCCIÓN

La colza pertenece a la familia de las crucíferas, deriva del cruzamiento entre la col (*Brassica oleracea* L.) y el nabo silvestre (*Brassica campestris* L.). Es una especie originaria de Eurasia, que el hombre ha cultivado desde la antigüedad (Gómez y Miralles, 2006).

La colza ocupa el segundo lugar a nivel mundial como especie proveedora de aceite después de la soja. En Argentina, el área de mayor difusión es la provincia de Buenos Aires con 14 mil hectáreas (SAGPyA, 2007).

Los primeros usos que se le dio a la colza fueron la iluminación, alimentación y combustible. Actualmente el destino principal es la obtención de aceite de primera calidad y es considerada una excelente fuente proteica para animales y el hombre. El aceite de colza es uno de los más importantes aceites vegetales del mundo, debido a sus cualidades nutricionales para la dieta humana (Suárez Orozco, 2006).

Las primeras selecciones para obtener nuevos genotipos se hicieron en Canadá con cultivares polacos y argentinos, con el objetivo de que tanto el producto como el subproducto del procesamiento de la materia prima no fueran tóxicos para el hombre y los animales (Suárez Orozco, 2006). El mejoramiento genético de los últimos 40 años ha permitido bajar el contenido de ácido erúsico y de glucosinolatos a niveles compatibles con una excelente calidad; estos compuestos son los responsables del sabor y olor característicos de las plantas de estas especies y de los problemas nutricionales en la alimentación. A las variedades que poseen estas características (0 de ácido erúsico y 0 de glucosinolatos) se las denominó CANOLA o "colza doble-cero" (SAGPYA, 2007). De esta forma, se lograron variedades con aceite de gran calidad (con bajo contenido de ácidos grasos saturados), lo que ha hecho que este aceite sea hoy uno de los más preciados del mundo por sus virtudes (Suárez Orozco, 2006). El aceite comestible obtenido de su molturación, es uno de los más apreciados y demandado por su excelente calidad. Junto con el de oliva, es considerado como uno de los mejores para la alimentación humana, por su contribución a la baja formación de colesterol en la sangre (SAGPYA, 2007).

Otro uso del aceite de colza es la producción de biodiesel. Al no tener un mercado muy desarrollado como grano, a diferencia de otros commodities como la soja o el girasol, el costo de oportunidad para convertirlo en biodiesel es menor (SAGPYA, 2007).

También, la harina de extracción se utiliza como suplemento proteico en las raciones balanceadas para la alimentación animal, pues posee un alto valor nutricional comparable con el de soja (SAGPYA, 2007).

El conocimiento acerca del crecimiento y desarrollo del cultivo de colza permite la elaboración de alternativas de manejo más adecuadas que podrían ser de utilidad para aumentar su productividad y poder establecer su potencialidad para las condiciones del país y optimizar el rendimiento en la región pampeana. Un aspecto crucial para lograr altos rendimientos en un cultivo de grano es comprender cómo las distintas etapas del cultivo responden a los factores del ambiente que regulan la duración de las mismas (SAGPYA, 2007).

La producción de materia seca y el rendimiento dependen fuertemente de la captación de recursos tales como luz, agua y nutrientes a lo largo de su ciclo ontogénico, y de la eficiencia de conversión (Chamorro y Tamango, 2004). El resultado final de las etapas de crecimiento y desarrollo puede evidenciarse en el rendimiento final obtenido.

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

En el ciclo ontogénico de esta oleaginosa 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 de ápice del estado vegetativo a reproductivo; y finalmente iii) la etapa de llenado de granos (Gómez y Miralles, 2006).

La duración de las etapas desde siembra a madurez varía de acuerdo a la ubicación geográfica del lote de producción, fecha de siembra y tipo de cultivar. En la Argentina el ciclo total de los cultivares primaverales varía entre 140 y 170 días (Iriarte *et al.*, 2008).

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.*, 2008). En cambio, en el norte del país (Santiago del Estero) ese proceso transcurre en menos tiempo (8 días) (INTA, 2010). La duración de esta fase afecta en forma exponencial la heterogeneidad del cultivo (Gómez *et al.*, 2007).

El cultivo de colza es muy exigente en humedad para que se produzca la germinación (Giayetto, 1995). Requiere una 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. La falta de humedad

adecuada durante el período vegetativo temprano reduce la expansión foliar y el crecimiento de la raíz, pero los requerimientos aumentan a medida que avanza el desarrollo del cultivo (Iriarte y Valetti, 2008).

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.*, 2008).

Los componentes del rendimiento comienzan a definirse cuando el ápice cambia desde el estado vegetativo al reproductivo y puede expresarse como el producto de la materia seca y la proporción de ésta que se particiona a los granos, es decir, el índice de cosecha del cultivo. El componente indirecto del rendimiento es la producción de materia seca. Los componentes directos son: el número de silicuas por planta y el número de granos por silicua.

El periodo crítico para la definición del número de granos (silicuas por planta y granos por silicua) se ubica en el periodo comprendido, aproximadamente, en cuatro semanas centrado en floración (inicio de floración – inicio de llenado de granos), siendo la disponibilidad de asimilados determinante para la fijación de granos. Durante el periodo inmediatamente posterior a la floración se define el peso de los granos, el cual presenta una menor variación que el número medio de silicuas y de granos por silicua. La fase de elongación del tallo más prolongada -con la iniciación floral más temprana- puede estar asociada con una mayor cantidad de silicuas por inflorescencia, lo que se traducirá en incrementos en el número de granos por planta (Gómez y Miralles, 2006).

El crecimiento es el aumento irreversible en tamaño de los distintos órganos de la planta. El proceso fundamental que determina el crecimiento de las plantas es la fotosíntesis. Mediante la fotosíntesis, la radiación solar es utilizada para producir energía química que es empleada para sintetizar hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono atmosférico. Para que exista crecimiento debe haber radiación solar que sea capturada por las plantas y metabolizada en los procesos de crecimiento. Los principales órganos responsables de la captura de radiación solar y de la síntesis de hidratos de carbono son las hojas (Kantolic *et al.*, 2006)

Estos conceptos pueden resumirse en la expresión de un modelo que describe la relación entre materia seca que puede producir un cultivo y la captura y uso de la radiación que hace éste:  $MSt = R \cdot ei \cdot eur$ , donde  $MSt$  es la materia seca producida a lo largo de su ciclo,  $R$  es la radiación incidente durante el periodo de crecimiento,  $ei$  es la eficiencia de interceptación y  $eur$  es la eficiencia en el uso de la radiación. La eficiencia de interceptación representa la proporción de  $R$  que es interceptada por el cultivo. La eficiencia en el uso de la radiación representa la cantidad de materia seca producida por unidad de radiación interceptada (Kantolic *et al.*, 2006).

Cuando comienza la elongación del tallo, los requerimientos nutricionales del cultivo aumentan, ya que comienza la fase exponencial de acumulación de materia seca (Schjoerring *et al.*, 1995; Hocking *et al.*, 1997; Rathke *et al.*, 2006 citados por Gómez *et al.*, 2007).

La superficie foliar es máxima en el periodo comprendido entre botón floral visible hasta la floración, que luego comienza a decaer por la pérdida de las hojas inferiores debido al sombreo.

El periodo que media entre el inicio de floración y el comienzo de crecimiento de silicuas es particularmente importante a los fines de establecer el número de silicuas y de granos por silicuas que la planta puede sostener, periodo definido como crítico para la definición del rendimiento. Su importancia es altamente significativa en el rendimiento final, ya que durante este periodo se genera el número potencial de granos por unidad de superficie, principal componente del rendimiento (Mendhan *et al.*, 1984; Tommey *et al.*, 1992 citados por Gómez *et al.*, 2007).

Un incremento en la acumulación de biomasa durante esta etapa, debido a un aumento en la tasa de crecimiento del cultivo y/o una mayor duración de la etapa, resultaría en un mayor número de flores y de silicuas por planta, así también el número de granos y el rendimiento final.

Diferentes cultivares presentan variaciones sustanciales en el patrón de desarrollo que modifican la duración de las etapas fenológicas que finalmente impactan sobre el número de granos y el rendimiento final del cultivo (Thurling *et al.*, 1977; Miralles *et al.*, 2001 citados por Gómez *et al.* 2007).

La colza, tanto en su forma anual como bienal, muestra considerable variación fenotípica (Munir, 1982 citado por Giayetto, 1995). La habilidad de los distintos órganos de la planta para responder a grados variables de restricciones al crecimiento, es decir su plasticidad fenotípica se vincula al ciclo de crecimiento de aquella. Según estudios de Munir y McNeily (1984) efectuados en cultivares anuales de *B. napus*, el peso seco por planta varió significativamente ( $p < 0.05$ ) en respuesta a disminuciones en el número de plantas producidas por raleos efectuados en diferentes momentos durante el ciclo. Ello indica que las plantas utilizaron satisfactoriamente el espacio y los recursos, compensando la disminución en el número de individuos mediante aumentos significativos del crecimiento (Giayetto, 1995).

El crecimiento de los granos está determinado por la disponibilidad de asimilados durante el periodo de llenado, observándose en algunas situaciones relaciones negativas entre el peso y el número de ellos (Gómez y Miralles, 2006).

El trabajo realizado por el Canola Council de Canadá 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. 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. Además, la falta de agua disminuye la longitud de la floración y del llenado especialmente cuando se combina con temperaturas altas (Iriarte y Valetti, 2008a).

Las condiciones hídricas existentes durante la elongación de tallo y floración tienen un fuerte impacto en la producción de materia seca (Chamorro y Tamango, 2004). Si falta agua durante la etapa de llenado de los granos puede afectarse negativamente el rendimiento. Los excesos hídricos también determinan pérdidas dado que en etapas tempranas no tolera anegamiento o encharcamiento por breves periodos de tiempo (Gómez y Miralles, 2006).

Las altas temperaturas (> 29 °C) en estados reproductivos limitan el rendimiento ya que reducen el número de flores y semillas, como así también el tamaño de éstas últimas (Gómez y Miralles, 2006).

El rendimiento de un cultivo puede expresarse como el producto de la materia seca y la proporción de ésta que se particiona a los granos, es decir el índice de cosecha del cultivo. El número de granos es la principal variable que define el rendimiento y existe una relación directa con la materia seca producida. Aunque se ha observado que existe una relación lineal entre el tamaño de la planta (materia seca) a floración y la cantidad de órganos reproductivos producidos, sugiriendo que aquellas estrategias que permiten aumentar la cantidad de materia seca producida por el cultivo, incrementarán el rendimiento aún cuando no se modifique el índice de cosecha (Gómez y Miralles, 2006).

Distintos trabajos de investigación (León y Becker, 1995; Diepembrock, 2000) llevados a cabo en este cultivo indican que el índice de cosecha es la principal variable que limita el rendimiento, con lo cual los incrementos de rendimiento están fuertemente ligados a incrementos en el índice de cosecha. Otros trabajos, como los de Habekottè (1997), han encontrado una relación lineal entre el tamaño de la planta a floración (biomasa) y la cantidad de órganos reproductivos producidos (Gómez y Miralles, 2006).

El índice de cosecha expresa la proporción de materia seca de los órganos que se cosechan. Puede expresarse como  $IC = MSc \cdot MSt^{-1}$ , donde MSc representa la materia seca en los órganos cosechados y MSt la materia seca total (Kantolic *et al.*, 2006).

El rendimiento también se puede establecer determinando el número de plantas (densidad), el número de silicuas por planta, el número de semillas por silicua y el peso individual de los granos (Iriarte y Valetti, 2008a).

A nivel nacional existe información sobre rendimientos de diferentes genotipos de colza (Red nacional de evaluación de cultivares de colza) y a nivel local información sobre características de crecimiento y desarrollo de la colza en la región de Río Cuarto (Giayetto, 1995).

Es necesario generar información sobre la conformación del rendimiento y su relación con la evolución de la producción de materia seca en cultivares actualmente disponibles en el mercado en la provincia de Córdoba ya que ninguna localidad de esta provincia participa de la red nacional de evaluación de cultivares.

El INTA lleva a cabo un proyecto nacional denominado “desarrollo de material genético y evaluación de oleaginosas menores” en el cual se conducen ensayos en Estaciones Experimentales registrándose resultados productivos, sanitarios y observaciones fenológicas de los cultivares comerciales de colza seleccionados por las distintas empresas de semillas. A estos ensayos los conoce como Red de evaluación de cultivares coordinados por la Ing. Agr. Liliana B. Iriarte de la Estación Experimental de Barrow (Tres Arroyos, Buenos Aires).

En la campaña 2006 se realizó en 7 localidades con 11 cultivares comerciales. Entre ellos se encontraban Biolza y Filial, que alcanzaron una altura promedio de 134 y 125.6 cm, un peso de 1000 granos de 3.34 y 2.81 gs y el rendimiento de 1.958 y 2.342 kg/ha, respectivamente.

En la campaña 2007 el ensayo se realizó en 9 localidades con 22 cultivares, entre ellos Rivette, Biolza y Filial. La altura fue menor que en el año anterior (97, 114 y 106.8 cm respectivamente). El peso de 1000 granos no tuvo el mismo comportamiento de los cultivares que en el año anterior (2,26, 2,20 y 3,41 gr, respectivamente), de la misma forma que el rendimiento (2.199, 2.427 y 2.285 kg/ha, respectivamente).

En la campaña 2008 el ensayo se realizó en 7 localidades con genotipos invernales y primaverales, entre ellos Bioaureo 2386, Bioaureo 2486, Rivette, Biolza y Filial. La altura de la planta alcanzó valores intermedios a los años anteriores, variando entre 104.3 y 129.2 cm. El peso de 1000 gr varió entre 2,6 y 3,7 gr y el rendimiento entre 1.863 y 2.336 kg/ha.

Estos resultados muestran la variabilidad en el comportamiento de los genotipos de colza en diferentes ambientes, ya sea localidad o año. Existen antecedentes que la región Río Cuarto es un ambiente potencial para de desarrollo de este cultivo por lo que se consideró necesario generar información con algunos de los genotipos disponibles actualmente en el mercado.

## **HIPÓTESIS**

Los cultivares de colza que generen una mayor cantidad de materia seca durante la etapa de crecimiento son los que producirán los mayores rendimientos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Analizar la evolución de la producción de materia seca y el rendimiento de cultivares de colza.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar los estadios fenológicos de 5 cultivares de colza.
- Evaluar la producción de materia seca de 5 cultivares de colza en diferentes estadios fenológicos.
- Evaluar los componentes del rendimiento de diferentes cultivares de colza.
- Estimar la partición de materia seca de 5 cultivares de colza.

## MATERIALES Y METODOS

### Diseño y sitio experimental

El estudio fue llevado a cabo durante el año 2008 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en la Ruta Nacional 36, km 601, cuyas coordenadas son: 33°00 LS; 64°40' LW, a 420 msnm.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres (3) repeticiones el tratamiento fue el cultivar colza primaveral con cinco (5) niveles: Biolza, Filial, Bioaureo 2386, Bioaureo 2486 y Rivette, pertenecientes a la empresa Bioproductos®.

### Caracterización del ambiente

#### Temperaturas y lluvias

El área de estudio posee un régimen térmico 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 (V. Rotondo, comunicación personal)<sup>1</sup>.

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

#### 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 +

---

<sup>1</sup> Consulta personal con el Ing. Agr. Víctor Rotondo, Profesor de la Cátedra de Agrometeorología Agrícola, FAV-UNRC. Río Cuarto, marzo de 2010.

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% (E. Hampp, comunicación personal)<sup>2</sup>.

### Material vegetal

Los materiales utilizados corresponden a genotipos primaverales disponibles en el mercado de semillas de colza. Estos materiales son empleados en la red de evaluación de cultivares que coordina INTA Barrow en distintos ambientes de la república Argentina.

**Cuadro 1.** Cultivares de colza utilizados en 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. La densidad de siembra empleada fue de aproximadamente 7 kg.ha<sup>-1</sup> tratando de lograr una población de alrededor de 100 plantas.m<sup>-2</sup>. La distancia entre surcos fue de 30 cm y la profundidad de siembra entre 2 y 3 cm.

La unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones: 3,0 m de ancho (10 surcos a 0.30 m) por 6,0 m de largo. La superficie de cada bloque fue de 90 m<sup>2</sup>.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron diferentes tratamientos, que se detallan a continuación.

- 1° de agosto (31 días después de la siembra (DDS)): aplicación de insecticida Lambdacialotrina + Haloxifop r metil para el control de *Plutella xilostella*, “polilla de las coles” y de *Brevicoryne brassicae*, “pulgón ceniciento” y un graminicida postemergente sistémico para el control de *Triticum aestivum*, “trigo guacho”.
- 12 de septiembre (81 DDS): fertilización nitrogenada con urea granulada a razón de 80 kg.ha<sup>-1</sup> en el estado de roseta.

### Mediciones y determinaciones

Durante el ciclo del cultivo se realizaron las siguientes evaluaciones:

- En la emergencia se determinó el número de plantas por metro cuadrado.
- Seguimiento y registro de las etapas fenológicas según clasificación europea (INRA-CETIOM).

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

- Peso de la materia seca ( $1\text{m}^2$ ), discriminada por órganos, en los siguientes estadios fenológicos: 6-7 hojas verdaderas (B6 – B7), elongación – entrenudos visibles (C2), floración (F1), maduración – silicuas de 4 cm (G2), madurez (G5).

A cosecha se evaluaron los componentes directos e indirectos del rendimiento y el rendimiento según se detalla a continuación:

- En una superficie de  $1\text{ m}^2$  se tomaron 2 muestras por cada tratamiento y en cada bloque para determinar el número de plantas por metro cuadrado, número de frutos por planta, altura de las plantas, altura de inserción de la primera silicua, número de silicuas/planta y peso de los 1.000 granos y el rendimiento en granos.
- Se estimó el índice de cosecha para cada cultivar con los valores de materia seca total y el peso de los granos.

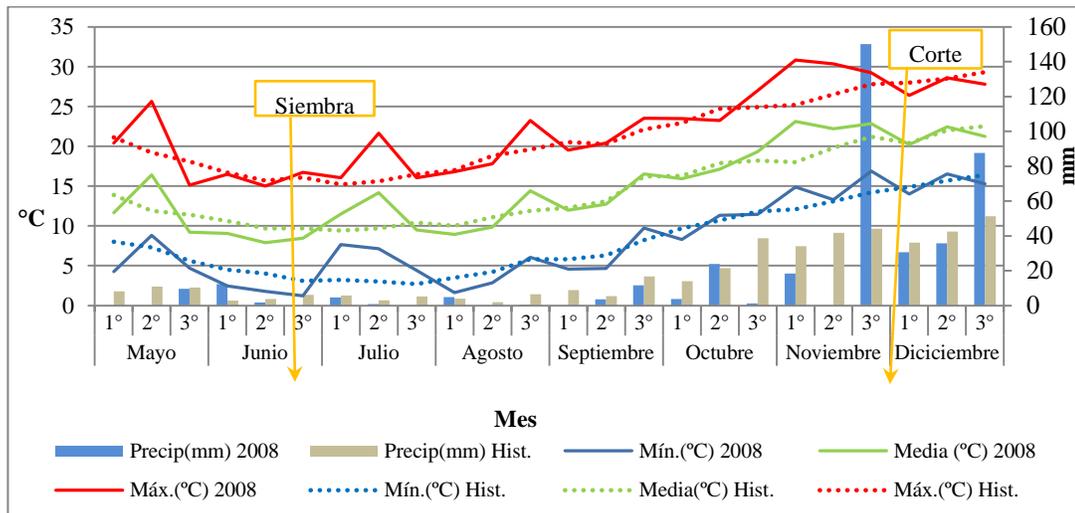
Los datos fueron analizados con ANOVA ( $p<0.05$ ) y las medias con el test de Duncan ( $p<0.05$ ); ambos realizados con el programa estadístico InfoStat Profesional, versión 2005.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Condiciones meteorológicas durante del ciclo del cultivo

En la Figura 1 se presentan los datos de temperatura y precipitaciones del año 2008 registrados durante el ciclo de los cultivares de colza, junto a los valores históricos (1977-2006). 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 presentando una tendencia similar a los mismos. Las temperaturas medias durante la siembra y el ciclo del cultivo (julio, agosto y noviembre) fueron superiores a la media histórica (1977-2006), mientras que en el momento de corte los valores de la temperatura media, mínima y máxima fueron similares a los históricos.

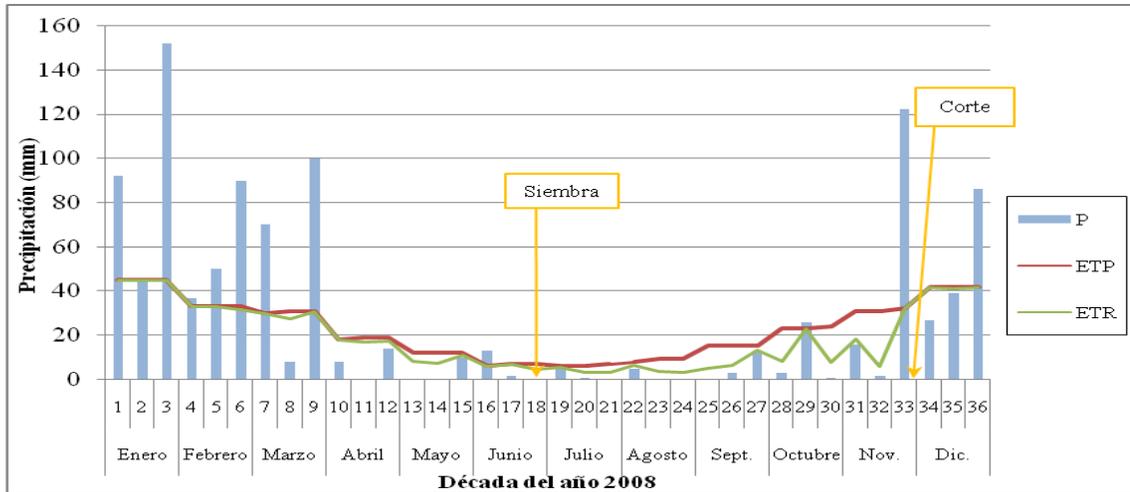
Las precipitaciones (Fig. 1) tuvieron una gran variación tanto en cantidad como en distribución respecto de la media histórica. Desde mediados de junio y el mes de julio las precipitaciones fueron escasas, inclusive por debajo de los valores históricos. Durante los meses de septiembre y octubre se observan valores de precipitación menores a la histórica, presentándose valores mayores hacia fines de noviembre próximo al momento de corte.



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

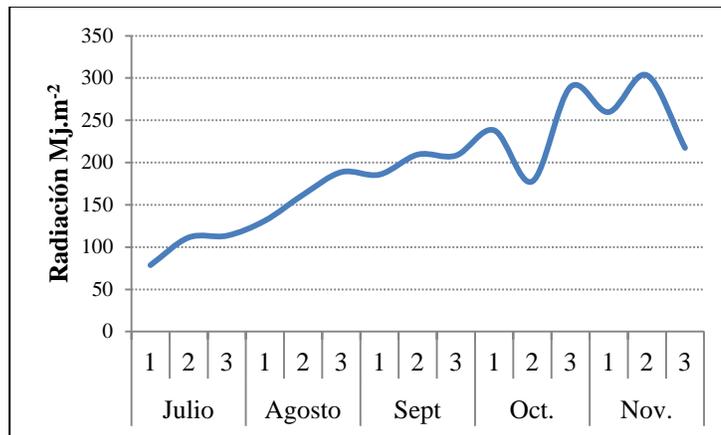
Fuente: Cátedra de Agrometeorología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC.

La Figura 2 muestra el balance hídrico seriado en el cual se puede observar que durante todo el ciclo el cultivo estuvo sometido a deficiencia hídrica ( $ETR < ETP$ ). Sólo se observan dos momentos relativamente favorables, sólo uno de ellos (2<sup>da</sup> década de octubre) efectivo para la producción, ya que el otro fue durante la cosecha (3<sup>ra</sup> de noviembre).



**Figura 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.

La Figura 3 muestra la radiación solar media durante el ciclo del cultivo. Dicha radiación es aprovechada por las hojas durante la etapa vegetativa y por tallos y silicuas durante la etapa reproductiva.



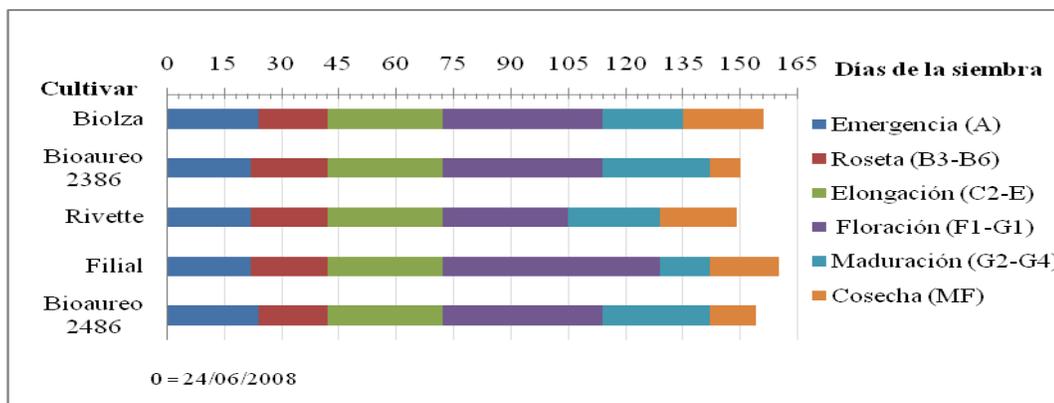
**Figura 3:** Radiación solar decádica durante el ciclo de crecimiento de la colza en Río Cuarto, año 2008.

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

### Fenología

Conocer la ocurrencia de los distintos eventos ontogénicos del cultivo y las variables del ambiente que regulan su tasa de desarrollo permiten no sólo calcular los riesgos de exponer al cultivo a ambientes poco propicios (heladas, altas temperaturas, entre otros), sino también, establecer estrategias de manejo como fecha de siembra, densidad, nutrientes, con la posibilidad de maximizar el rendimiento (Gómez y Miralles, 2006).

En la Figura 4 se muestra la ocurrencia de las etapas fenológicas de los 5 cultivares durante el ensayo. La duración de cada etapa está expresada en días después de la siembra. Los 5 cultivares presentaron similares duraciones de las etapas de emergencia, roseta y elongación.



**Figura 4:** Duración de las etapas fenológicas expresadas en días de los cultivares de colza evaluados según clasificación europea (INRA-CETIOM).

En nuestro país, el periodo entre siembra y emergencia es variable y tiene mucha relación con las condiciones de humedad y temperatura del suelo y con el sistema de siembra (directa o convencional). En este estudio, la duración de esta etapa varió entre los cultivares de 22 a 24 días, estos valores están más relacionados a los registrados en la zona del centro-sur de la provincia de Buenos Aires (10 a 26 días) (Iriarte *et al.*, 2008) que a los de Santiago del Estero (8 días) (INTA, 2010) posiblemente por las temperaturas registradas en esa etapa (Fig. 1). La duración de esta fase afecta en forma exponencial la heterogeneidad del cultivo (Gómez *et al.*, 2007).

La etapa de roseta no presentó diferencias entre genotipos. Es importante que la roseta alcance un buen desarrollo rápidamente porque permitirá una mejor captación de luz, menor evaporación directa de agua desde el suelo y mejor competencia con las malezas (Iriarte *et al.*, 2008).

La floración se inició aproximadamente en el mismo momento en todos los cultivares, observándose diferencias en la duración de dicha etapa; el cultivar Rivette presentó la menor duración de la etapa de floración y Filial la mayor. Se observó, además, marcadas diferencias en la ocurrencia y duración en la etapa de madurez en los 5 cultivares.

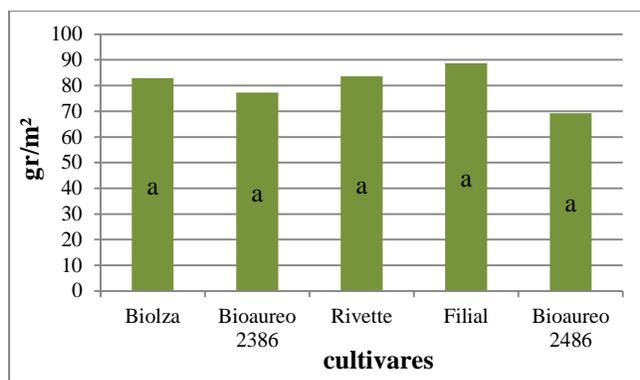
La duración de las etapas desde siembra a madurez varía de acuerdo a la ubicación geográfica del lote de producción, fecha de siembra y tipo de cultivar. En este trabajo el ciclo de siembra a madurez de los cultivares evaluados tuvo una duración de 148 a 158 días, estando dentro del rango registrado en el ciclo total de los cultivares primaverales (140 y 170) días para la Argentina (Iriarte *et al.*, 2008).

## Producción de materia seca

### Materia seca en las hojas

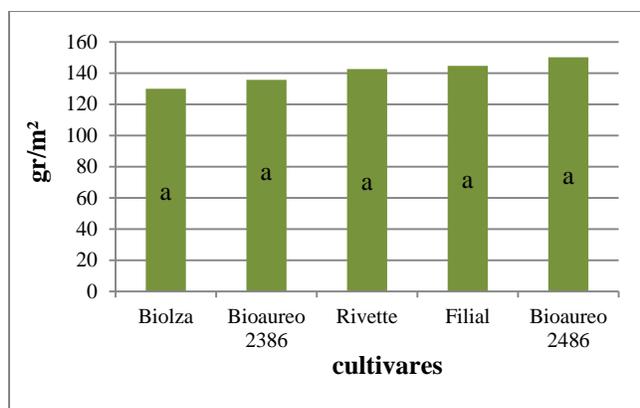
La producción de materia seca ( $\text{gr/m}^2$ ) de las hojas durante la etapa de roseta (Fig. 5), de elongación (Fig. 6), floración (Fig. 7) y madurez (Fig. 8) no presentó diferencias estadísticas significativas entre los cultivares. A pesar de ello se observó que algunos cultivares registraron valores más elevados que otros, por ejemplo en la etapa de roseta la tendencia fue Filial > Rivette > Biolza > Bioaureo 2386 > Bioaureo 2486, en la etapa de elongación fue Bioaureo 2486 > Filial > Rivette > Bioaureo 2486 > Biolza, en la etapa de elongación fue Bioaureo 2486 > Biolza > Filial > Rivette > Bioaureo 2386 y a la madurez Bioaureo 2486 > Filial > Biolza > Rivette > Bioaureo 2386.

La producción de materia seca ( $\text{gr/m}^2$ ) en las hojas en madurez fisiológica presentó diferencias significativas (Fig. 9). Filial fue el cultivar que alcanzó a acumular la mayor cantidad de materia seca durante esta etapa fenológica, aunque semejante a Biolza y Bioaureo 2486. Los cultivares Bioaureo 2386 y Rivette produjeron la menor cantidad de materia seca de hojas, posiblemente debido a la translocación de fotoasimilados hacia las semillas.



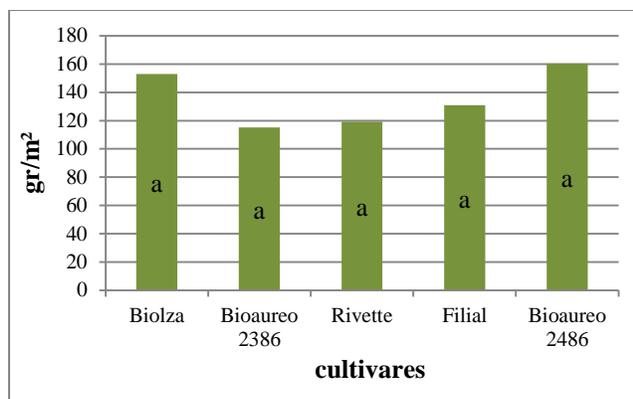
**Figura 5:** Materia seca de hojas en roseta.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



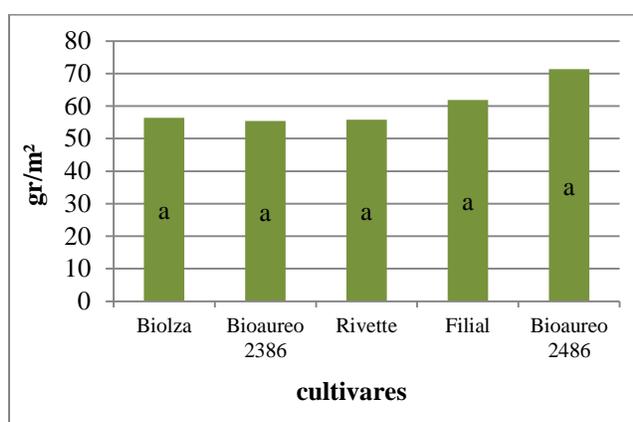
**Figura 6:** Materia seca de hojas en elongación.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



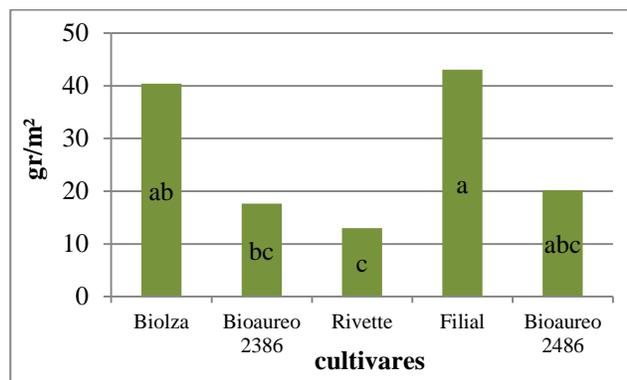
**Figura 7:** Materia seca de hojas en floración.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



**Figura 8:** Materia seca de hojas en maduración.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

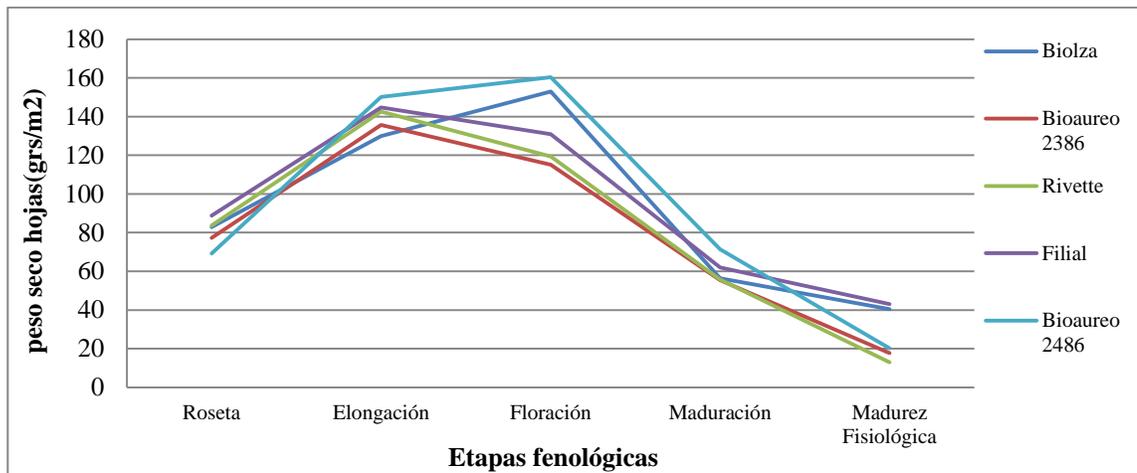


**Figura 9:** Materia seca de hojas en madurez fisiológica.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

Reuniendo la información presentada previamente podemos graficar la evolución de la producción de materia seca en las hojas en los 5 cultivares durante el ciclo de crecimiento (Fig. 10). Se puede observar que Bioaureo 2386, Rivette y Filial presentan curvas similares, manifestando su mayor producción de materia seca en hojas alrededor de la elongación. Por su parte, Bioaureo 2486 y Biolza presentan curvas similares entre sí pero que difieren del resto de

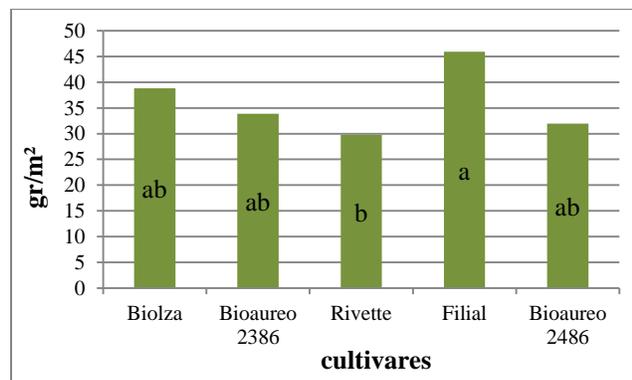
los cultivares. Ambos evidenciaron un pico de producción de materia seca alrededor de la floración. Estas diferencias y semejanzas son atribuibles a la duración del ciclo de los cultivares siendo Biolza de ciclo intermedio largo, Bioaureo 2486 intermedio corto, Bioaureo 2386 intermedio corto, Filial intermedio y Rivette de ciclo corto. Todos los cultivares una vez alcanzada la etapa de floración evidencian en sus curvas una caída en la producción de materia seca de las hojas. Esto se debe a que la planta comienza a priorizar otros tejidos como destino de producción, existe mayor sombreo y marchitamiento de hojas situadas en la porción inferior de la planta.



**Figura 10.** Evolución del peso seco de las hojas por m² según cultivar durante el ciclo del cultivo.

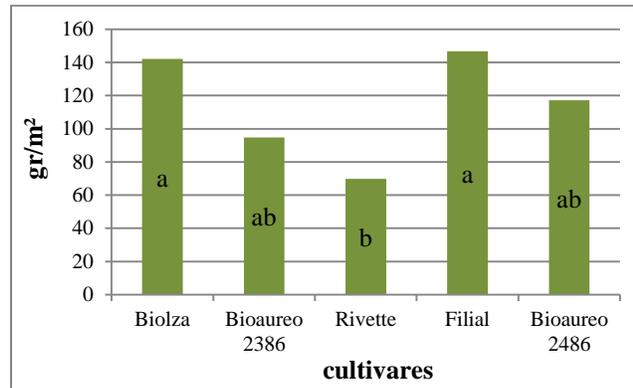
### Materia seca en los tallos

La producción de materia seca (gr/m²) en los tallos presentó diferencias significativas entre cultivares en la etapa de elongación (Fig. 11), floración (Fig. 12) y madurez fisiológica (Fig. 13). En todas las etapas el cultivar Filial produjo la mayor cantidad de materia seca y sólo se diferenció de Rivette. En cambio en la etapa de maduración no hubo diferencias estadísticas significativas entre los cultivares (Fig. 14).

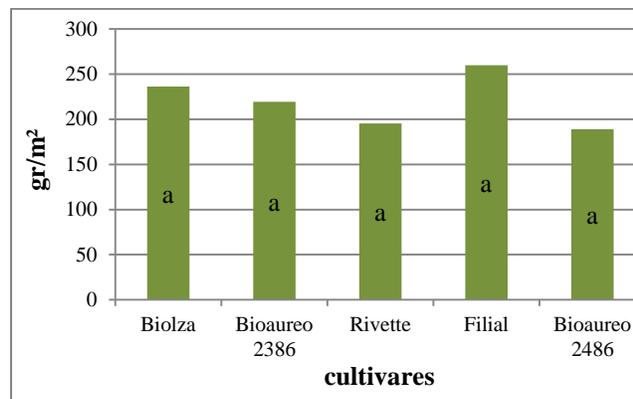


**Figura 11:** Materia seca de tallos en elongación.

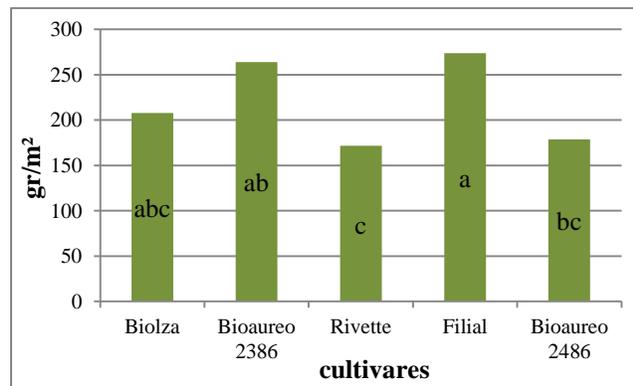
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



**Figura 12:** Materia seca de tallos en floración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



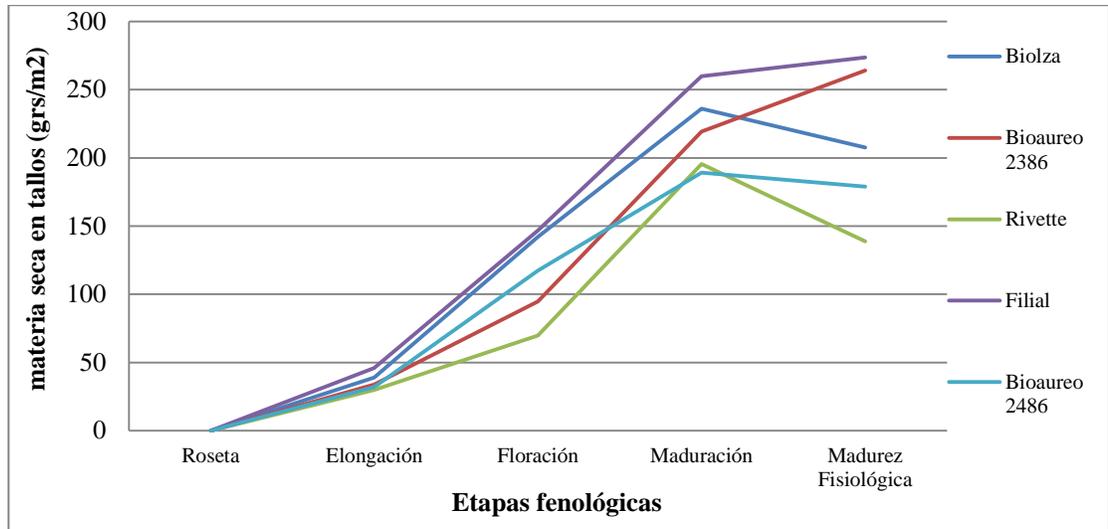
**Figura 13:** Materia seca de tallos en maduración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



**Figura 14:** Materia seca de tallos en madurez fisiológica.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

La evolución de la producción de materia seca de los tallos en los 5 cultivares en cada etapa fenológica del ciclo se presenta en la Figura 15. En esta figura se observa que las curvas de evolución de materia seca en los tallos presentan formas similares para todos los cultivares. Se observa un continuo aumento de la producción de materia seca en los tallos desde la etapa de roseta hasta el momento de maduración, a partir del cual los cultivares Biolza, Bioaureo 2486 y

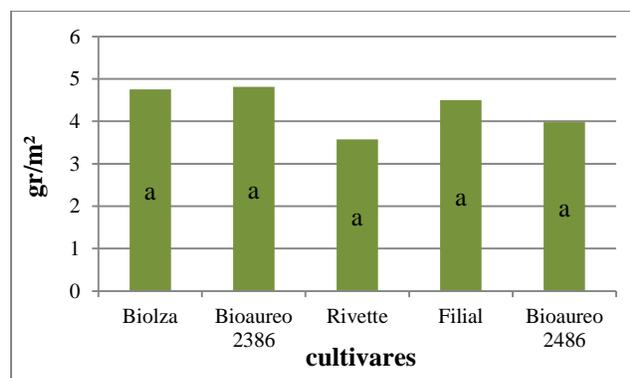
Rivette muestran una caída en la producción. El aumento continuo y marcado en la cantidad de materia seca producido en los tallos de los cinco cultivares puede relacionarse con la producción de materia seca de las hojas, ésta comienza a disminuir a partir de floración, etapa en la cual la producción de materia seca en los tallos muestra un acentuado aumento. Es decir que la planta modifica en ese momento el destino de su producción, lo cual guarda relación con la ocurrencia de las etapas fenológicas, ya que como se ve en la figura 15 que las pendientes de las curvas aumentan entre las etapas de elongación y floración.



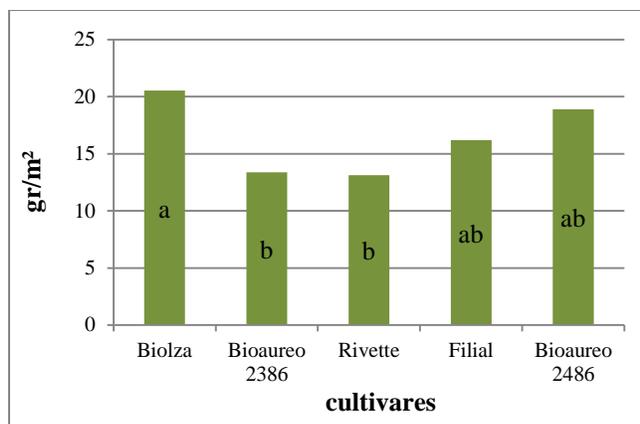
**Figura 15.** Evolución del peso seco de los tallos por m² según cultivar durante el ciclo del cultivo.

### Materia seca en primordios florales (botones florales) y flores

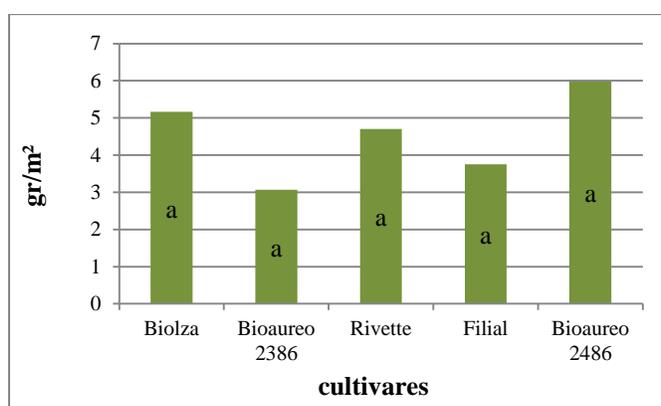
La producción de materia seca (gr/m²) de los primordios florales y flores no presentó diferencias entre los cultivares en la etapa de elongación (Fig. 16), madurez fisiológica (Fig. 18) y madurez (Fig. 19), pero si hubo diferencias estadísticas significativas en la etapa de floración (Fig. 17). Biolza produjo la mayor cantidad de materia seca y se diferenció de Bioaureo 2386 y Rivette.



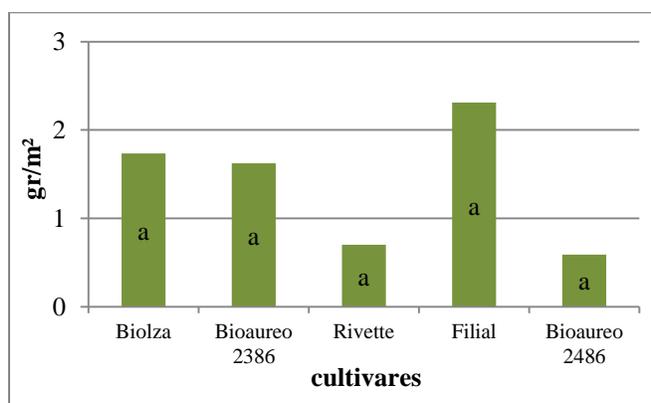
**Figura 16:** Materia seca de flores y primordios en elongación. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).



**Figura 17:** Materia seca de flores y primordios en floración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



**Figura 18:** Materia seca de flores y primordios en maduración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



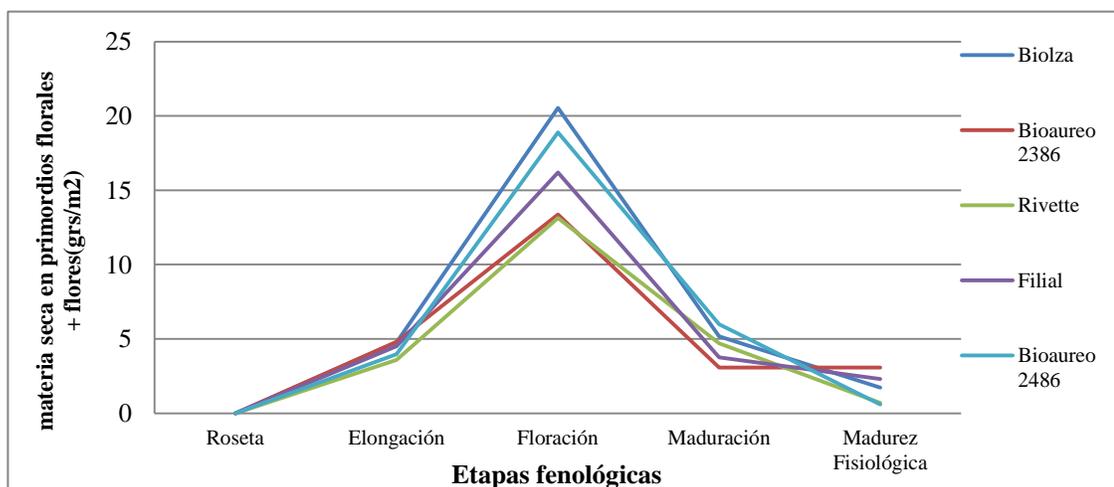
**Figura 19:** Materia seca de flores y primordios en madurez fisiológica.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

La evolución de la producción de materia seca de primordios florales y flores en los 5 cultivares en cada etapa fenológica del ciclo (Fig. 20), muestra que las formas de las curvas son similares en todos los cultivares evaluados. A partir de elongación el aumento de la producción

se hace más evidente y se alcanzan los máximos valores en la etapa de floración, lo cual guarda relación con la fenología.

Si bien las formas de las curvas son similares entre cultivares se observan diferencias en la cantidad de producción de materia seca para estos órganos. Dicha diferencia es más acentuada en la etapa de floración, donde Biolza es el cultivar que produjo la mayor cantidad de materia seca, Rivette la menor cantidad y los demás cultivares produjeron valores intermedios a los dos anteriores.

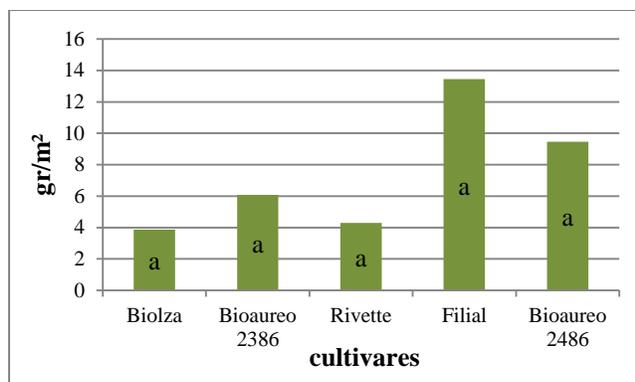
De acuerdo con la figura 4, el cultivar Rivette tuvo la etapa de floración más corta en comparación con el resto de los cultivares, pudiendo ser la causa de la menor producción de materia seca en esta etapa. A pesar de que Filial tuvo la mayor duración de la etapa de floración no acumuló la mayor producción de materia seca en flores y primordios florales. Biolza y Bioaureo 2486 tuvieron una duración de la floración similar como así también de producción de materia seca en esa etapa.



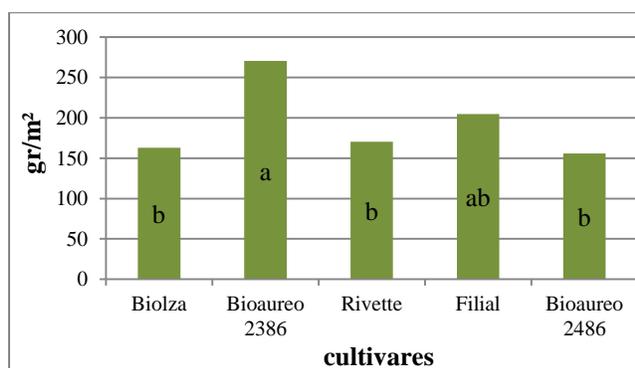
**Figura 20.** Evolución del peso seco de las primordios florales y flores por m<sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo.

### Materia seca en las silicuas

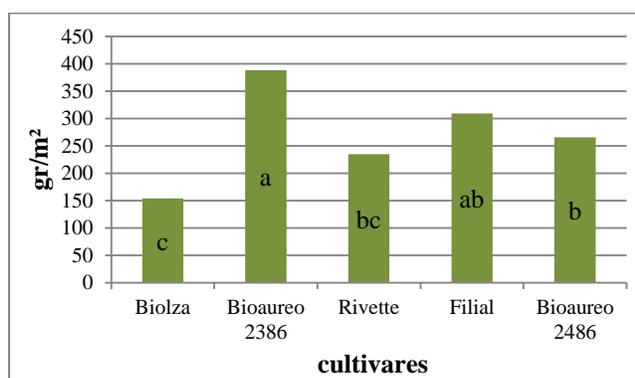
La producción de materia seca (gr/m<sup>2</sup>) de las silicuas no presentó diferencias entre cultivares en la etapa de floración (Fig. 21), en cambio hubo diferencias estadísticas significativas en la maduración (Fig. 22) y madurez fisiológica, siendo el cultivar (Fig. 23) Bioaureo 2386 superior a Bioaureo 2486 y Biolza (Fig. 22). Estas diferencias se pueden adjudicar a que el cultivar Bioaureo 2386 fue el que mejor se adaptó a la fecha de siembra y a las condiciones ambientales presentes durante el ciclo del cultivo, por tal motivo produjo la mayor cantidad de materia seca en silicuas en las etapas de maduración y madurez fisiológica.



**Figura 21:** Materia seca de silicuas en floración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



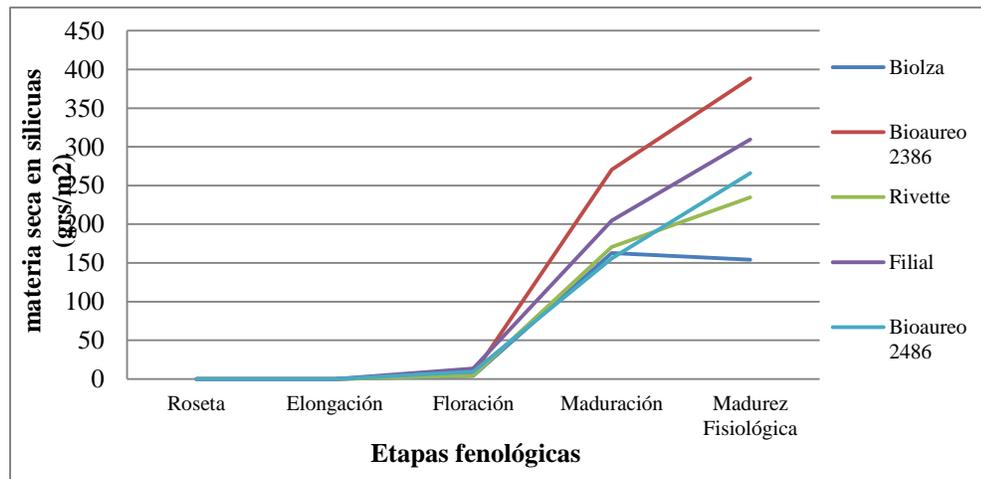
**Figura 22:** Materia seca de silicuas en maduración.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*



**Figura 23:** Materia seca de silicuas en madurez fisiológica.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

La evolución de la producción de materia seca de las silicuas para los 5 cultivares para cada etapa fenológica del ciclo de los mismos se muestra en la figura 24. En esta figura se observa que las curvas de evolución de la producción de materia seca en las silicuas fueron similares en los 5 cultivares evaluados. Todos ellos presentan un marcado aumento en la producción de materia seca a partir de la floración, haciéndose máxima al llegar a la madurez fisiológica. Se puede señalar la caída en dicha producción que se ve en el cultivar Biolza, lo cual

concuerta con los valores inferiores observados en maduración (Fig. 22) y madurez fisiológica (Fig. 23) en este cultivo. El cultivar Bioaureo 2386 muestra los mayores niveles de producción de materia seca en los órganos aquí analizados concordando con los mayores valores producidos en maduración (Fig. 22) y madurez fisiológica (Fig. 23).



**Figura 24.** Evolución del peso seco de las silicuas por m<sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo.

### **Evolución de peso seco total**

A modo de resumen se graficó la evolución de la producción de materia seca total (Fig. 25), se observan diferencias posiblemente debido a la diferencia genotípica.

Durante la primeras etapas fenológicas (roseta y elongación) del ciclo no existieron grandes diferencias en la materia seca total producida entre cultivares.

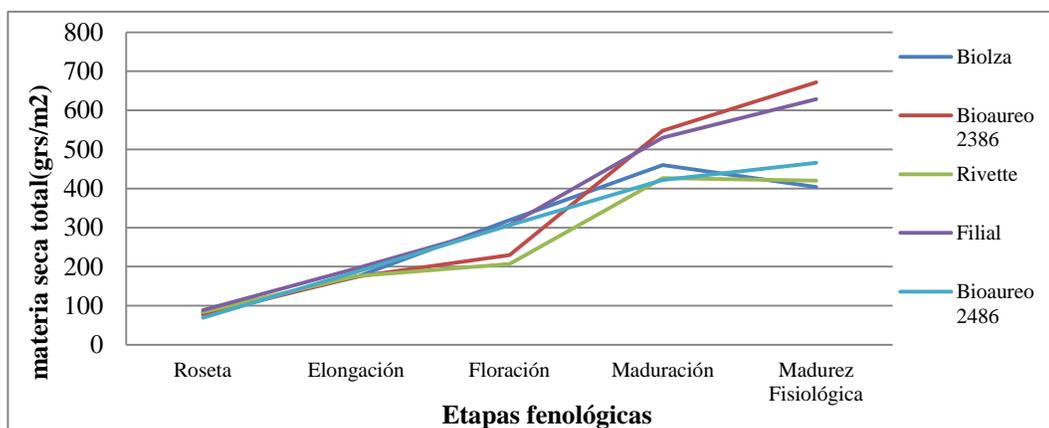
A partir de floración se observan las mayores diferencias que se acentúan en la madurez fisiológica. Durante la floración, los cultivares Rivette y Bioaureo 2386 produjeron los menores valores de materia seca tanto en flores como en tallos, lo cual hizo que los valores totales fuesen menores al resto de los cultivares.

En la etapa de maduración, Rivette tuvo los menores valores de materia seca en flores y tallos lo que disminuyó la producción de materia seca total comparativamente con los otros cultivares evaluados. En cambio, Bioaureo 2386 produjo las mayores cantidades de materia seca en silicuas y cantidades intermedias en tallos en relación al resto de los cultivares.

En la etapa de madurez fisiológica el cultivar Bioaureo 2386 produjo las mayores cantidades de materia seca en las silicuas y tallos lo cual hace a su producción total mayor que el resto de los cultivares. En cambio, Rivette y Biolza produjeron las menores cantidades de

materia seca en tallos y silicuas conformando de esta manera la menor producción total de materia seca para esta etapa.

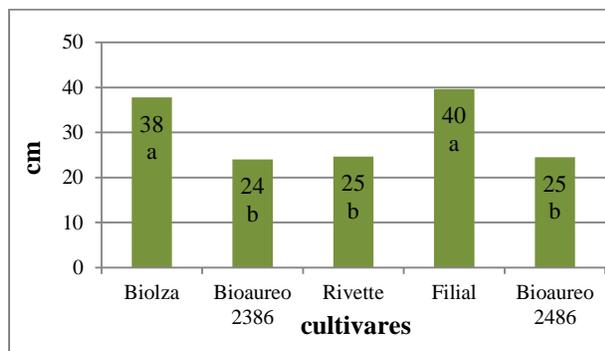
La fecha de siembra tuvo un influencia en la ocurrencia y duración de las etapas fenológicas de los cultivares. Las temperaturas máximas registradas fueron mayores a las máximas históricas en varios momentos durante el ciclo del cultivo. Se observó también que las precipitaciones fueron menores que las históricas en la mayor parte del ciclo (Fig.1). El balance hídrico seriado muestra que durante todo el ciclo el cultivo estuvo sometido a deficiencia hídrica ( $ETR < ETP$ ), solamente con dos momentos relativamente favorables (Fig.2). Estas condiciones ambientales mencionadas afectaron la implantación y el posterior crecimiento vegetativo comprometiendo el desarrollo del área foliar y de altura final de los cultivares sembrados.



**Figura 25.** Evolución del peso seco total por m<sup>2</sup> según cultivar durante el ciclo del cultivo.

### Altura de inserción de la primera silicua

Los valores medidos de la altura de inserción de la primera silicua presentaron diferencias entre genotipos (Fig. 26). Los mayores valores fueron registrados en los cultivares Filial y Biolza.



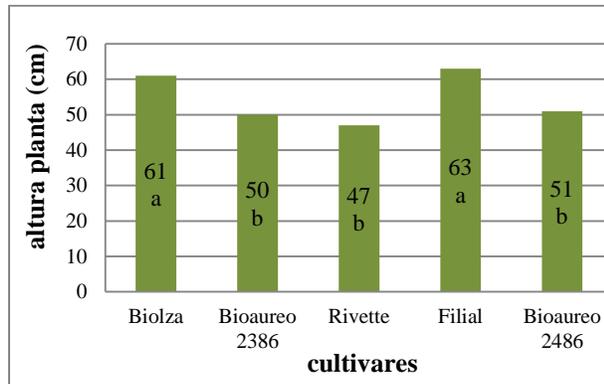
**Figura 26.** Altura de inserción de la primera silicua de los cultivares de colza en Río Cuarto.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

### Altura de la planta

La altura de planta presentó diferencia entre los cultivares, siendo Filial y Biolza los que alcanzaron las mayores alturas (Fig. 27). Ambos cultivares no manifestaron diferencias estadísticas significativas entre ellos pero sí con el resto de los cultivares evaluados. Estas diferencias en las alturas logradas por los genotipos se pueden adjudicar al tipo de ciclo de cada uno de ellos (cuadro 1), ya que se observó una relación directa entre duración de ciclo y altura de planta.

La altura de inserción de la primera silicua mostró un patrón muy similar al de la altura final de la planta. La correlación entre ambas alturas fue de 0,94.

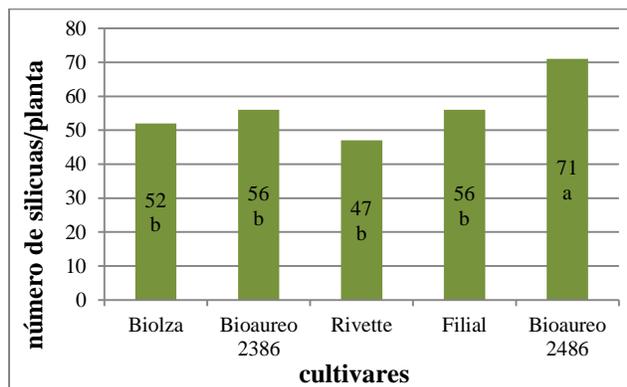


**Figura 27.** Altura de la planta de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

### Componentes del rendimiento

#### Número de silicuas por planta

El número de silicuas por planta presentó diferencias significativas entre cultivares, siendo Bioaureo 2486 (71) el que alcanzó el mayor valor (Fig. 28) diferenciándose de los demás cultivares.



**Figura 28.** Número de silicuas por planta de los cultivares de colza en Río Cuarto.

*Las letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

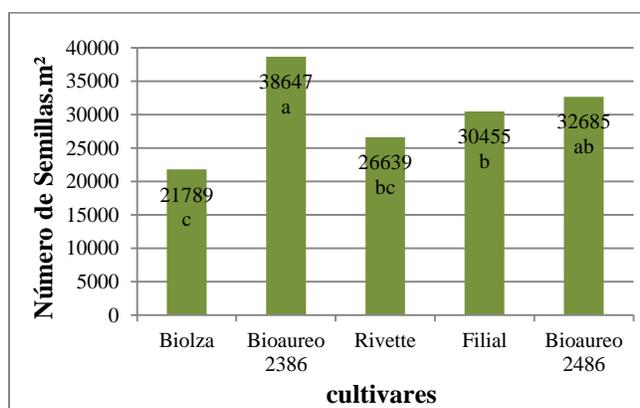
La diferencia observada puede deberse a que Bioaureo 2486 fue uno de los cultivares que presentó la mayor duración del periodo floración-maduración (Fig.4), lo que le otorga un mayor periodo para la formación de estructuras reproductivas. Otro aspecto a señalar es la menor altura de inserción de primera silicua en este genotipo, lo que puede otorgarle un mayor espacio físico para la formación de silicuas.

Con respecto a la materia seca se puede mencionar que Bioaureo 2486 fue el genotipo que acumuló la mayor producción de materia seca en hojas desde la elongación hasta la maduración, lo cual puede haber resultado en una mayor producción de fotoasimilados para la formación de estructuras reproductivas (Fig.10). Bioaureo 2486 y Biolza alcanzaron los mayores niveles de producción de materia seca en primordios florales y flores, desde mediados de elongación hasta maduración, hecho que pudo haber influido positivamente en la producción de materia seca en las silicuas, coincidiendo con Iriarte y Valetti (2008a).

Este componente indirecto del rendimiento mostró una relación positiva con el rendimiento ( $R^2 = 0.252$ ).

### Número de semillas por superficie

El número de semillas por metro cuadrado fue diferente entre cultivares, alcanzando Bioaureo 2386 valores similares a Bioaureo 2486 diferenciándose significativamente ambos genotipos de Biolza (Fig. 29).



**Figura 29.** Número de semillas por superficie de los cultivares de Colza en Río Cuarto.

*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

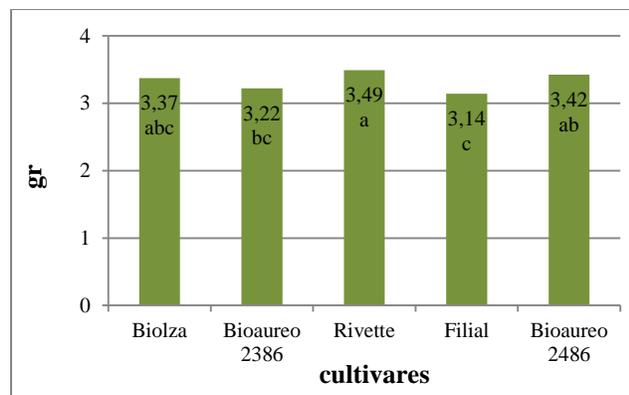
Bioaureo 2386 tuvo los mayores valores de producción de materia seca en las silicuas desde floración a madurez fisiológica (Fig. 24) y también la mayor producción de materia seca total desde maduración a madurez fisiológica (Fig. 25). Por su parte, Biolza produjo el menor

número de silicuas por metro cuadrado en concordancia con los menores niveles de producción de materia seca en las silicuas desde maduración a madurez fisiológica (Fig. 24).

Este componente del rendimiento manifestó una alta relación con el rendimiento, con un buen grado de ajuste ( $R^2 = 0.959$ ).

### Peso de las semillas

Los valores del peso de las 1000 semillas fueron diferentes entre genotipos (Fig. 30). Se observó que el mayor valor (3,5 g) lo alcanzó el cultivar Rivette que se diferenció de Bioaureo 2386 (3,2 g) y Filial (3,14 g), estos valores son similares a los obtenidos en la red de evaluación de cultivares (campaña 2008).



**Figura 30.** Peso promedio de 1.000 semillas de los cultivares de colza en Río Cuarto.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

Este componente de rendimiento manifiesta una relación inversa con el número de semillas y una relación con el rendimiento muy débil con un bajo grado de ajuste ( $R^2 = 0.070$ ).

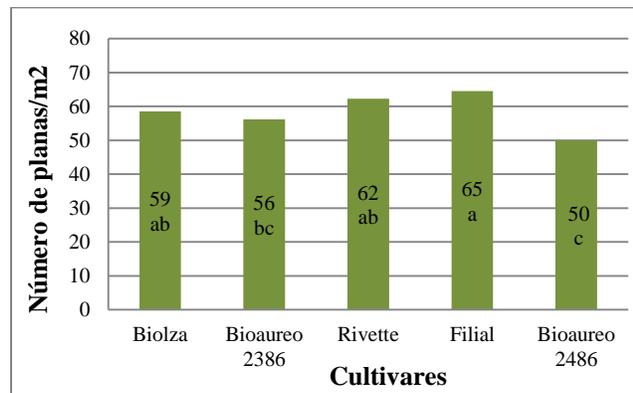
Al disminuir el número de granos por silicua es factible que se registre un aumento en el peso de los mil granos (Iriarte y Valetti, 2008a). Esta relación se puede verificar al observar las figuras 28 y 29, en las que podemos ver que uno de los dos genotipos con menor número de semillas por superficie (Rivette) tuvo el mayor peso de las mil semillas y que el genotipo de mayor número de semillas por superficie (Bioaureo 2386) tuvo uno de los menores pesos de las mil semillas.

### Número de plantas por superficie

El número de plantas por metro cuadrado que llegaron hasta el momento de cosecha, fue mayor en el cultivar Filial diferenciándose de Bioaureo 2486 (Fig. 31).

Ensayos realizados en Canadá con cultivares primaverales muestran que no existen variaciones significativas de rendimiento en un rango de densidad de 60 a 200 pl/m<sup>2</sup>. Lo ideal es

tener en cultivares primaverales a la cosecha entre 60 y 80 pl/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que el peso de 1.000 granos varia entre 2 y 4 gr., y dependiendo de la calidad de la semilla, estas densidades se lograrían utilizando entre 4 y 5 kg de semilla por hectárea (Iriarte y Valetti, 2008b). En base a estas referencias podemos decir que Biolza, Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 alcanzaron densidades menores a la ideal. Los demás genotipos se encontraron dentro del rango mencionado.



**Figura 31.** Número de plantas por superficie (m<sup>2</sup>) de los cultivares de colza sembrados en Río Cuarto. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).

Si se tiene en consideración que se empleó una densidad de siembra de 7 kg/ha, que la semilla es fiscalizada y proveniente de criadero lo que nos aseguraría que dicha semilla presentaba altos valores de germinación; las bajas densidades de planta alcanzadas por los cultivares pueden atribuirse a la fecha de siembra tardía. La siembra fue realizada con temperatura mínima inferior y precipitaciones menores a la histórica (Fig. 1) lo que generó un contenido de humedad en suelo no óptimo para la germinación. Durante el periodo próximo a la siembra prevalecieron condiciones de deficiencia hídrica ( $ETR < ETP$ ).

### Rendimiento por hectárea

El rendimiento (qq/ha) general de los cultivares (Cuadro 2) estuvo muy por debajo de los que estos cultivares produjeron en otros sitios. Analizando las condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo se puede observar una marcada restricción hídrica previa y posterior a la siembra (Fig. 1). Las lluvias al comienzo del otoño no fueron suficientes para realizar la siembra en el momento óptimo por lo que se realizó tardíamente provocando un reducido periodo del estado de roseta (Fig. 4) y consecuentemente una disminución marcada del crecimiento foliar (Fig. 10) y los componentes del rendimiento (Figs. 26 - 30).

El rendimiento logrado por los cultivares Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 fue significativamente diferente de Biolza. Posiblemente debido a la menor producción de materia

seca en las silicuas de Biolza en madurez fisiológica (Fig. 23); este cultivar produjo una de las menores cantidades silicuas por planta (Fig. 26) y la menor cantidad de semillas por metro cuadrado, con diferencias muy significativas en este componente del rendimiento con Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 (Fig. 29).

**Cuadro 2:** Rendimiento, materia seca en madurez fisiológica e índice de cosecha según cultivar.

Cultivar	Rendimiento (kg/ha)	MS (kg)/ha	Índice de cosecha
Biolza	734 c	4037,3 a	0,18 bc
Bioaureo 2386	1246 a	6719 a	0,19 abc
Rivette	923 bc	4199,9 a	0,22 ab
Filial	955 bc	6284,2 a	0,15 c
Bioaureo 2486	1115 ab	4655,8 a	0,24 a

Si se compararan los rendimientos alcanzados por los genotipos empleados en este trabajo con los rendimientos obtenidos en la red de evaluación de cultivares se observa que en la campaña 2008 el mayor rendimiento lo alcanzó Rivette, seguido por Biolza. En la campaña 2007 fue Biolza el genotipo de mayor rendimiento al igual que en la campaña 2006. Cabe señalar que la diferencia existente entre los rendimientos de la red y los de este trabajo se puede adjudicar a las condiciones ambientales registradas durante el ciclo del cultivo en el año 2008, que en Río Cuarto no fueron propicias para que los cultivares expresaran todo su potencial. Esto demuestra las diferencias en los comportamientos de los genotipos en los diferentes ambientes.

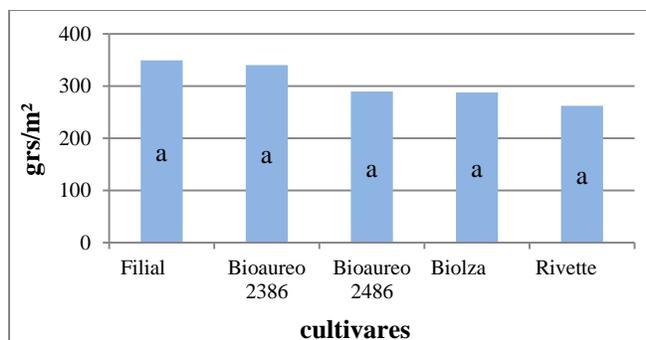
Al analizar los índices de cosecha de los 5 cultivares evaluados se observa que Bioaureo 2486 se diferencia significativamente de Biolza y Filial, siendo este último el que presenta el mínimo valor para esta variable (Cuadro 2).

### **Materia seca y rendimiento**

Los valores de materia seca producida en todo el ciclo de los cultivares no mostraron diferencias significativas (Fig. 32). De los cinco cultivares evaluados Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 son los que evidencian una relación más fuerte entre materia seca total producida durante todo su ciclo y rendimiento final (Fig. 33), siendo estos cultivares los que lograron los mayores rendimientos. Esto se ve reflejado en el mayor número de semillas por metro cuadrado producidos por estos cultivares en relación al resto de los genotipos (Fig. 29).

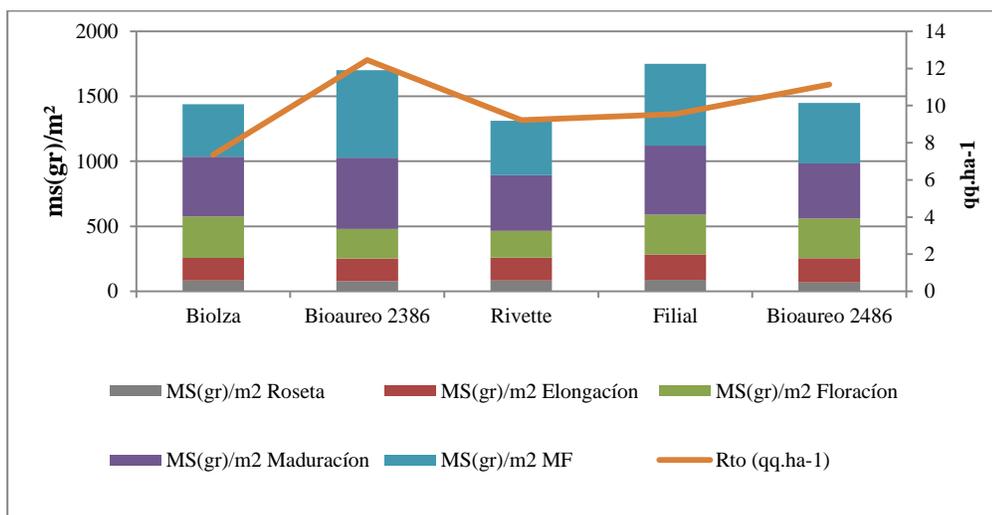
Rivette también muestra una relación entre materia seca total producida durante su ciclo y rendimiento logrado, siendo este menor al logrado por los dos cultivares antes mencionados.

Biolza no manifiesta relación entre materia seca total y rendimiento logrado.



**Figura 32:** Producción de materia seca total del ciclo de cada cultivar.  
*Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0.05$ ).*

Filial a pesar de haber sido el que mayor cantidad de materia seca total acumulada no alcanzó los valores de rendimiento de Bioaureo 2386. El rendimiento se encuentra en valores intermedios a los logrados por el resto de los cultivares.



**Figura 33:** Producción de materia seca total acumulada y rendimiento de 5 cultivares.

Los resultados de materia seca y rendimiento muestran que no hubo relación directa entre estos componentes. Cada cultivar tuvo un comportamiento determinado en las condiciones de ambiente estresante presentado en el ciclo agrícola de la colza en el año 2008.

## CONCLUSIONES

La evolución de la producción de materia seca total fue semejante entre los genotipos evaluados. Durante el transcurso de las etapas fenológicas hubo diferencias en la producción de materia seca entre los cultivares evaluados. En todos los órganos contabilizados, a excepción de los primordios florales y flores, las diferencias estadísticas significativas en la producción de materia seca se observaron en la etapa de madurez fisiológica; siendo Bioaureo 2386 el cultivar que produjo los valores más altos de producción en la mayoría de los órganos. En las demás etapas fenológicas existió variabilidad en la producción pero no de manera significativa.

Los componentes del rendimiento mostraron diferencias entre los genotipos, que fueron acentuadas en el peso de los mil granos y más aun en el número de semillas por superficie. Bioaureo 2386 y Bioaureo 2486 produjeron cantidades significativamente superiores de este componente del rendimiento por tal motivo alcanzaron los mayores rendimientos. Las relaciones entre los componentes directos y el rendimiento fue estrecha presentando un buen grado de ajuste para el número de semillas.m<sup>-2</sup> ( $R^2= 0.959$ ) pero muy débil para el peso individual de las semillas ( $R^2= 0.070$ ). Las diferencias no fueron significativas en la cantidad de plantas por superficie y de silicuas por planta, y en la altura de inserción de la primera silicua y de planta.

Por su parte, el índice de cosecha no presentó diferencias significativas entre los cultivares, siendo estos valores muy similares entre ellos.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- CÁRCOVA, J., G. ABELEDO y M. LÓPEZ PEREIRA. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. En: Satorre, E. M. et al. *Producción de Granos. Bases fundamentales para su manejo*. Ed. Fac. de Agr. UBA. Cap. 6. p: 75 – 95.
- 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.
- CHAMORRO, A. M. y N. TAMAGNO. 2004. *Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (Brassica napus L. ssp oleifera forma annua)*. En: [www.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/Ag105\(2\)53\\_62.pdf](http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/Ag105(2)53_62.pdf). Consultado: 29-06-07.
- 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.
- GOMEZ, N. V. y D. J. MIRALLES. 2006. Colza. En: De la Fuente, E. et al. *Cultivos industriales*. Ed. FAUBA. Cap. 2.4. p: 183-216.
- GOMEZ, N. V., M.B. AGOSTI y D.J. MIRALLES 2007. Fenología y generación del rendimiento del cultivo de colza-canola. *XV Congreso Aapresid*. Reinención y prospectiva. Rosario, Argentina.
- INTA. 2008. *Red nacional de evaluación de cultivares de colza 2008*. En: [www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/Informeevaluacioncultivarespreliminar2008.pdf](http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/Informeevaluacioncultivarespreliminar2008.pdf). Consultado: 30-06-2010.
- IRIARTE, L. y O. VALETTI. 2008a. Influencia de la temperatura sobre el cultivo. En: *Cultivo de Colza*. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP–INTA. Cap. 4 p: 31-40.
- IRIARTE, L. y O. VALETTI. 2008b. Tecnología del cultivo. En: *Cultivo de Colza*. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP–INTA. Cap. 7, p: 55-68.
- IRIARTE, L., O. VALETTI y C. APELLA. 2008. Descripción de la planta. En: *Cultivo de Colza*. Chacra Experimental Integrada Barrow Convenio MAAyP – INTA. Cap. 3, p: 23-30.
- KANTOLIC, A.G., E.B. DE LA FUENTE y E.L. PLOCHUK. 2006. Generación del rendimiento y su calidad en los cultivos industriales: bases ecofisiológicas y decisiones de manejo. 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. 1.2., p: 27-60.

- SAGPYA. 2007. *Estimaciones agrícolas – Oleaginosas – Colza*. En: [www.sagpya.mecon.gov.ar / new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/colza/colza.php](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/colza/colza.php). Consultado: 29-06-07.
- SUAREZ OROZCO, A. 2006. *El sitio de la colza en Argentina*. En: [www.colza00.com.ar](http://www.colza00.com.ar). Consultado: 12-05-07.