

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y LA
CALIDAD DEL CULTIVO DE COLZA**

por

SEBASTIÁN BACCINO

AGUSTÍN KACEVAS

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

Ing. Agr. Andrés Locatelli

Fecha: 12 de diciembre de 2016

Autores: -----

Sebastián Baccino

Agustín Kacevas

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que nos brindaron la oportunidad de poder estudiar y que en todo momento nos apoyaron tanto moral como económicamente.

A nuestro tutor de tesis, el Ing. Agr. Sebastián Mazzilli, por darnos la oportunidad de realizar este trabajo, por su buena disposición ante nuestras dudas y por guiarnos en todo el proceso.

A la Lic. Sully Toledo por su ayuda en la estructuración de la tesis.

Al personal de biblioteca de Facultad de Agronomía.

Al personal de laboratorio de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni

Al técnico agropecuario Darío Fros por su ayuda tanto a nivel de campo como a nivel de laboratorio.

A nuestros colegas y amigos por su colaboración durante el proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. FACTORES DETERMINANTES DEL DESARROLLO.....	2
2.2. PERÍODO CRÍTICO DE DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA.....	3
2.3. FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA.....	4
2.4. FACTORES AMBIENTALES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA.....	6
2.4.1. <u>Efecto de la disponibilidad hídrica</u>	6
2.5. FACTORES REDUCTORES DEL RENDIMIENTO.....	7
2.5.1. <u>Efecto de las heladas</u>	7
2.6. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	9
2.7. EFECTO GLOBAL DE LA FECHA DE SIEMBRA.....	9
2.7.1. <u>Efecto de la fecha de siembra</u>	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE DAÑO POR HELADAS.....	13
3.2. VARIABLES EVALUADAS	13
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
3.3.1. <u>Modelo estadístico</u>	13
3.3.2. <u>Análisis de los resultados</u>	14

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	15
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZAFRA 2014	15
4.1.1. <u>Régimen pluviométrico</u>	15
4.1.2. <u>Temperatura</u>	16
4.1.3. <u>Radiación incidente</u>	16
4.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS A LO LARGO DEL CICLO DEL CULTIVO.....	17
4.2.1. <u>Precipitación acumulada</u>	17
4.2.2. <u>Radiación acumulada</u>	19
4.2.3. <u>Suma térmica</u>	21
4.3. POBLACIÓN LOGRADA.....	22
4.4. ANÁLISIS GLOBAL DE LOS RESULTADOS.....	22
4.4.1. <u>Efecto de la fecha de siembra</u>	23
4.4.2. <u>Efecto del material</u>	24
4.4.3. <u>Efecto de la interacción época*material</u>	24
4.4.4. <u>Análisis intra fecha de siembra</u>	25
4.4.5. <u>Análisis intra material</u>	27
4.4.5.1. Hyola 830 CC.....	27
4.4.5.2. Hyola 575 CL	28
4.4.5.3. Rivette	28
4.4.5.4. Hyola 50	29
4.5. EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA FENOLOGÍA	31
4.6. RIESGO DE HELADAS EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA.....	33
4.7. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	35
4.7.1. <u>Número de granos</u>	35
4.7.2. <u>Número de silicuas</u>	37
4.7.3. <u>Peso de mil granos</u>	38
4.7.4. <u>Relaciones entre componentes del rendimiento</u>	40
4.7.4.1. Relación entre el número de granos y el peso de los mismos.....	40

4.7.4.2. Relación entre el número de granos y el número de silicuas	41
4.8. CONTENIDO DE MATERIA GRASA EN GRANO	42
4.8.1. <u>Análisis entre épocas</u>	42
4.8.2. <u>Efecto del material en el contenido de aceite en grano</u>	43
4.8.3. <u>Análisis de la interacción época*material</u>	44
4.8.4. <u>Análisis intra época</u>	45
4.8.5. <u>Rendimiento en aceite</u>	46
5. <u>CONCLUSIONES</u>	49
6. <u>RESUMEN</u>	52
7. <u>SUMMARY</u>	53
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	54
9. <u>ANEXOS</u>	61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Suma térmica por sub períodos y total a floración en función de la fecha de siembra.	21
2. Población lograda en función de la época de siembra y el material utilizado.	22
3. Riesgo de heladas tanto en implantación como en floración en función de la fecha de siembra y el material considerado.....	33
4. Fechas de siembra en las que el contenido de aceite es máximo para cada material.	48

Figura No.

1. Precipitaciones ocurridas durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (1961-1990 Estación meteorológica: Paysandú)..	15
2. Temperatura media ocurridas durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (1961-1990 Estación meteorológica: Paysandú)..	16
3. Radiación media diaria durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (2002-2013).	17
4. Precipitación acumulada por subperíodo para cada material.	18
5. Radiación acumulada por subperíodo para cada material.	20
6. Rendimiento en grano según fecha de siembra.	23
7. Rendimiento en grano en función del material.	24
8. Efecto de la interacción época*material sobre el rendimiento en grano.....	25
9. Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en función del material utilizado.	26
10. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 830 CC.....	27
11. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 575 CL.	28
12. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Rivette.	29
13. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 50.	30
14. Días a floración en función de la fecha de siembra y el material.	31
15. Rendimiento en función del número de granos.	36
16. Número de granos.m ⁻² en función de la fecha de siembra para cada material.....	37
17. Rendimiento en función del número de silicuas.	38
18. Rendimiento en función del peso de mil granos.	39

19. Peso de mil granos en función de la fecha de siembra.....	40
20. Peso de mil granos en función del número de granos.	41
21. Número de silicuas en función del número de granos.	42
22. Porcentaje de aceite según época de siembra.....	43
23. Efecto del material sobre el porcentaje de aceite en grano.	44
24. Efecto de la interacción época*material sobre el porcentaje de aceite en grano.	45
25. Evolución del porcentaje de aceite en grano para cada material en función de la época de siembra.	46
26. Evolución del rendimiento y del contenido de aceite para cada material en función de la fecha de siembra.....	47

1. INTRODUCCIÓN

La colza (*Brassica napus L.*) es una oleaginosa de invierno perteneciente a la familia de las Crucíferas. A nivel mundial el grano de colza es muy valorado debido a la calidad nutricional de su aceite y a los diversos usos que se le puede dar al mismo. Dentro de los usos que se destacan se encuentra el aceite para consumo humano y aceite para biocombustible. A su vez, del proceso de extracción de aceite se derivan subproductos como el expeler que es de alta calidad para alimentación de ganado, debido a su alto tenor proteico. Otro posible uso del cultivo de colza es como alternativa forrajera, principalmente para la alimentación ovina.

Debido a que las variedades antiguas de colza presentaban un alto contenido de ácido erúxico en el aceite y glucosinolatos en el remanente luego de la extracción de aceite, su uso tanto para consumo humano como animal era muy restringido. Para eliminar esta problemática, se avanzó en líneas de mejoramiento con el objetivo de obtener un material con un menor contenido de ácido erúxico y producto de este proceso de mejoramiento es que surge lo que hoy se conoce como CANOLA (Canadian Oil Low Acid).

Como a la mayoría de los cultivos existen tres factores que regulan el desarrollo en colza-canola: la temperatura, el fotoperíodo y en algunos casos las bajas temperaturas a través de la vernalización. Los cultivares utilizados a nivel comercial se dividen en dos grupos, primaverales e invernales. Los primaverales no responden a la vernalización, mientras que los invernales si lo hacen.

En Uruguay las rotaciones agrícolas presentan en la actualidad una importante predominancia de la producción estival y con escasas alternativas para el invierno, lo que determina que el cultivo de colza-canola sea una alternativa promisoría para incluir en los sistemas de rotación de cultivos. A su vez, los problemas comerciales en parte estarían resueltos ya que la empresa Alcoholes del Uruguay (ALUR) compra bajo contrato la producción para la producción de biocombustibles.

Al tratarse de un cultivo poco difundido en nuestro país es imprescindible realizar trabajos con el objetivo de comprender como interactúan las condiciones ambientales con el comportamiento fenológico del mismo y a la vez evaluar los riesgos y ventajas de las distintas fechas de siembra y brindar información precisa a productores y asesores técnicos.

El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento de cuatro materiales de colza-canola en diferentes fechas de siembra considerando la ubicación de los diferentes períodos fenológicos y su interacción con las condiciones ambientales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Bajo la consigna de determinar cómo se ven afectados los diferentes parámetros de rendimiento y calidad del cultivo frente a cambios en las condiciones ambientales en las que el mismo se desarrolla se presentará a continuación una reseña bibliográfica de trabajos que abordan dichas temáticas. En primer término, se abordarán los factores de mayor influencia en el desarrollo del cultivo, los cuales son afectados por la fecha de siembra. Conocer como dichos factores impactan sobre la fenología del cultivo es de suma importancia para poder determinar la fecha óptima de siembra y los riesgos asociados.

A su vez se analizarán otros factores ambientales, afectados por la fecha de siembra, que si bien no afectan la fenología del cultivo pueden tener un gran impacto sobre el rendimiento final, como es el caso de las heladas. También se definirá el período crítico para la determinación del rendimiento y como las diferentes decisiones de manejo pueden modificar el momento en el cual este se da y las condiciones ambientales durante el mismo.

Por último, se mostrará un análisis global del efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y sus diferentes componentes, así como un análisis del efecto que tiene la modificación de la misma sobre la fenología en los reportes bibliográficos realizados hasta el momento.

2.1. FACTORES DETERMINANTES DEL DESARROLLO

Los factores que afectan en mayor medida el desarrollo del cultivo de colza son la temperatura y el fotoperíodo y para los cultivares invernales la vernalización. El mismo modifica la duración de sus etapas fenológicas en función de estos factores.

La temperatura del aire es el factor climático que más influye en la fenología y desarrollo de las plantas. El desarrollo fenológico del cultivo de colza tiene una respuesta universal a la temperatura, esto significa que todos los cultivares y todos los períodos de desarrollo son sensibles a la temperatura. Esta respuesta universal es la responsable de la aceleración del desarrollo cuando las plantas son expuestas a temperaturas más elevadas, por lo que la duración de cualquier etapa de desarrollo transcurre más rápidamente (Schwab, 2010). El largo del ciclo se puede ver afectado por temperaturas del aire por debajo y / o por encima de los límites críticos del cultivo, pudiendo causar cambios en la duración de los subperíodos de desarrollo de las plantas y en el ciclo total del mismo (Fochesatto et al., 2014).

De acuerdo a la respuesta que presenta frente a la duración del día, la colza es una especie cuantitativa de día largo, es decir la floración se acelera a medida que el cultivo es expuesto a días más largos (Schwab, 2010).

Los cultivares de tipo invernol exigen la acumulación de bajas temperaturas para poder florecer. La floración se produce cuando durante el crecimiento vegetativo se acumula una determinada cantidad de horas frío, esta cantidad es variable según el cultivar, ya que existen materiales con alto y bajo requerimiento de temperatura. Por otro lado, los cultivares primaverales generalmente no requieren de este estímulo (Gómez 2007, Schwab 2010).

Según Murphy y Scarth (1991), los requerimientos de vernalización varían además entre cultivares, e incluso en Argentina se han observado ciertos requerimientos de vernalización en algunos cultivares primaverales. Por su parte, Agosti (2011), encontró que los genotipos invernales sembrados tempranamente prolongaron 20-30 días su etapa vegetativa por falta de temperaturas frescas para cubrir los requerimientos de vernalización, provocando que la etapa de post floración coincida con temperaturas medias elevadas (20,2-21,5 °C) que se asociaron con menores rendimientos.

2.2. PERÍODO CRÍTICO DE DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA

Mingeau (1974), señala que, si bien durante todo el desarrollo fenológico del cultivo se van generando los componentes numéricos y fisiológicos del rendimiento, es posible identificar una ventana crítica para la generación del rendimiento donde una disminución de los recursos (radiación, agua y nutrientes) o algún estrés, producirá una importante reducción del rendimiento final del cultivo.

El período crítico para el cultivo de colza es el que media entre el inicio de floración y el comienzo del crecimiento de silicuas, el mismo es particularmente importante a los fines de establecer el número de silicuas y de granos por silicua que la planta puede sostener. Su importancia es altamente significativa en el rendimiento final, ya que durante este período se genera el número potencial de granos por unidad de superficie, principal componente del rendimiento (Champolivier y Merrien 1996, Schwab 2010). Es durante esta etapa que se produce una rápida reducción del índice de área foliar (IAF), el cual a pesar de que es compensado en parte por el área verde de las silicuas, de menor eficiencia fotosintética, crea un déficit de asimilados para la definición del rendimiento.

Según Mendham et al. (1981) este período crítico se ubica aproximadamente en las dos semanas o 350 °C día posteriores al inicio de la floración; según Habekotté

(1997b), equivalentes a unos 20-30 días, cuando se define el nivel de aborto de flores y el número de granos por planta. Tayo y Morgan (1975), Diepenbrock (2000) también destacan que, coincidiendo con esta ventana crítica, ocurre el reemplazo del área foliar por el área de silicuas, ocurriendo un cambio de estructuras fotosintetizantes.

Gabrielle et al. (1998) recalcan que la etapa más crítica se inicia poco después de la aparición de la inflorescencia cuando la disminución de la superficie total de la hoja se acelera debido al sombreado, en un principio de las flores y más tarde de las vainas. Al mismo tiempo, Roblin y Triboi (1984) encontraron que la fotosíntesis del cultivo disminuye un 40%. En relación a la ubicación del período crítico Harbekotté (1997), Jonshton et al. (2002), Adamsen y Coeffelt (2005) destacan que el momento de siembra es un factor determinante en el manejo del cultivo para lograr coincidencia entre la floración que es el período más crítico en la determinación del rendimiento de grano, debido a una disminución marcada de la tasa fotosintética al finalizar la etapa y los requerimientos ambientales óptimos.

En concordancia con lo anterior, en la evaluación de cultivares de colza de la EEA Paraná de las campañas 2008, 2009 y 2010 se encontró que la fecha de inicio de floración explicaba un 66% de la variación en rendimiento, observándose una reducción del 2% del rendimiento por día de retraso a partir del 29 de agosto (Coll, 2012).

A nivel internacional, numerosos trabajos analizaron el efecto del ambiente sobre el rendimiento y la calidad en materiales particulares de colza-canola, mostrando una fuerte influencia de las condiciones ambientales en la etapa post floración (Canvin 1965, Hocking y Stapper 1993, Pritchard et al. 2000, Si y Walton 2004, Werteker et al. 2010).

2.3. FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA

Los factores que determinan en mayor medida el rendimiento del cultivo de colza son la radiación y la temperatura. El cultivo de colza establecido en un ambiente con temperatura suave produjo rendimientos más altos que cuando creció en ambientes con altas temperaturas (Rao y Mendham, 1991). Temperaturas moderadas y humedad adecuada favorecen el desarrollo, el peso y contenido de aceite de los granos de *Brassica* (Sidlauskas y Bernotas, 2003).

El aumento en el número de horas de radiación se asocia generalmente con un aumento de la temperatura y del gasto energético (Krüger et al., 2011) lo que explica la reducción en el contenido de aceite relacionada con las últimas fechas de siembra, que presentan los valores más altos de temperatura y luz solar directa (Arshad et al., 2013).

A su vez, Iriarte (2014), menciona que las temperaturas medias diarias inferiores a 12° C, pueden provocar un índice de fructificación mucho menor que impacta sobre los rendimientos. Según Richard y Thurling (1978), las altas temperaturas durante la etapa de floración redujeron el rendimiento de grano. Una posible explicación a lo mencionado anteriormente podría estar dada en trabajos como el de McGregor (1981), Morrison (1993) que afirman que las temperaturas mayores a 27 °C durante la floración, ocasionaron una reducción en la fertilidad de las flores por esterilidad de los ovarios, infertilidad del polen y aborto de silicuas.

Coincidiendo con lo anterior Sharkey y Schrader (2006), definen el desarrollo del polen y la fotosíntesis como procesos particularmente sensibles al estrés térmico.

Contrastando un poco con lo anterior, Morrison y Stewart (2002), consideran que el estrés por calor empieza cuando la temperatura del aire supera los 29.5 °C y cuando se presenta antes de la floración se reduce el número total de flores por planta.

Izquierdo et al. (2009) analizaron los efectos de la temperatura y la radiación post floración sobre la calidad del grano de un genotipo de colza-canola cultivado en Balcarce (Buenos Aires), mostrando que ambos factores ambientales pueden modificar tanto el contenido de aceite como el perfil de ácidos grasos.

En el mismo trabajo Izquierdo et al. (2009), mencionan que si bien el efecto de la radiación sobre la calidad del grano ha sido poco estudiado, existen antecedentes que muestran un efecto positivo de la cantidad de radiación interceptada por el cultivo durante la etapa post floración sobre el contenido de aceite y el perfil de ácidos grasos en colza-canola.

Para englobar el concepto que se pretende dar del efecto de la temperatura podríamos mencionar el trabajo de Agosti (2011) en el cual se afirma que el análisis de las condiciones ambientales durante la etapa de post floración permite identificar a la temperatura media promedio como el factor ambiental de mayor influencia sobre las variables de rendimiento y calidad del grano.

A su vez considerar que la temperatura es el factor que más asociación presentó con la mayoría de las variables de calidad del grano de colza-canola evaluadas y la radiación resultó una covariable de la temperatura.

Según Si y Walton (2004), cuando el llenado de los granos ocurre a bajas temperaturas medias (en el rango de 12 a 18 ° C), se obtiene un mayor rendimiento y porcentaje de aceite en el grano. Angadi et al. (2000), Aksouh et al. (2001) señalan que después de la floración podrían existir efectos negativos sobre el tamaño de grano y el contenido de aceite en los mismos debido a la exposición a temperaturas más altas durante el llenado del grano, lo cual determina no solo una disminución en el rendimiento sino también en la calidad del grano.

Stone (1994) sugiere que es posible que temperaturas moderadamente altas reduzcan la duración de las etapas de fijación y llenado de granos, mientras que el estrés provocado por temperaturas muy altas se relaciona además con alteraciones de procesos fisiológicos claves.

En concordancia con lo antes mencionado, Larrosa (2009), afirma que el contenido de aceite se relaciona inversamente con la temperatura media durante el período de llenado del grano, lo que indica que los valores por encima de 21° C generan fuertes descensos en el contenido de aceite del grano, así como granos deformados, aparentemente producidas por estrés por calor severo.

2.4. FACTORES AMBIENTALES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE COLZA

2.4.1. Efecto de la disponibilidad hídrica

La ocurrencia de sequía puede extender duración de todo el ciclo, aumentando sobre todo la duración del período vegetativo y del período de llenado de grano (Champolivier y Merrien, 1996). Este hecho ha sido confirmado por Thomas (2003) que sugiere que la disponibilidad de agua del suelo puede influir en la duración del ciclo de cultivo.

La disminución del contenido de agua en el suelo reduce el crecimiento de la raíz y del área foliar durante el período vegetativo, que se puede recuperar tan pronto como se produzcan precipitaciones (Thomas, 2003).

El déficit hídrico durante la floración y desarrollo de las vainas temprana de *B. napus* y *B. rapa* (ex. *Campestris*), tienen un gran impacto en el rendimiento (Richards y Thurling 1978, Tayo y Morgan 1979, Mendham et al. 1981). En este sentido, Zeleke et al. (2014) han encontrado que los cultivares difieren en su potencial de rendimiento limitado por el agua, especialmente en el rango de rendimiento más alto ($> 2000 \text{ kg ha}^{-1}$). También mencionan que el rendimiento de canola en el sur de Australia se encuentra muy asociado con las precipitaciones durante la etapa de floración y llenado de grano (agosto, septiembre y octubre). La precipitación de setiembre mostró la mayor asociación (42%) con la variación en el rendimiento de grano.

2.5. FACTORES REDUCTORES DEL RENDIMIENTO

2.5.1. Efecto de las heladas

Los momentos en los cuales puede existir daño por heladas en el cultivo de colza son el desarrollo temprano de la planta, durante la floración y durante el llenado granos (Robertson et al. 2002, 2004, McClinchey y Kott 2008).

Para resistir las heladas, la Canola debe someterse a un período de aclimatación al frío antes de la ocurrencia de ellas. La aclimatación induce cambios morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares que hacen a las plantas resistentes no sólo a temperaturas de congelación, sino que también a la deshidratación causada por congelación (Rapacz 1999, Hawkins et al. 2002, Gusta et al. 2004, Tasseva et al. 2004, Asghari et al. 2008, Stavang et al. 2008).

Gusta et al. (2004) observaron que, en las plantas no aclimatadas a condiciones de bajas temperaturas, la muerte de hojas fue rápida a $-4,6^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, las plantas con cinco o más hojas, cuando crecen con temperaturas medias por debajo de 18°C , pueden resistir heladas de $-8,6^{\circ}\text{C}$ (Rapacz 1999, Hawkins et al. 2002) y -12°C en el caso de cultivares invernales (Rife y Zeinali, 2003). Los genotipos mejor adaptados deben mostrar los mecanismos de tolerancia a las heladas, como la acumulación de sustancias osmóticas en los tejidos vegetales y altos contenidos de cera en la cutícula (Rife y Zeinali, 2003).

Sierts et al. (1987) mencionan que aunque las plantas tienen una sustancial capacidad para compensar los daños, un óptimo establecimiento del cultivo antes de la llegada del invierno es un requisito previo tanto para alto rendimiento como para alta estabilidad del rendimiento.

Otro factor a considerar es que en los primeros estadios del cultivo, previos al de roseta, existe una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de heladas, máxime cuando éstas están acompañadas por otro estrés, como por ejemplo sequía. Por esta razón existe más riesgo de daños por heladas cuando las plántulas emergen en períodos de fuertes heladas (fines de junio y el mes de julio para esta zona) (Fochesatto et al., 2014).

La muerte de plántulas, se comienza a observar con temperaturas entre -3 y -4°C , en general durante la etapa de cotiledón. En esta etapa, la sensibilidad a las bajas temperaturas es mayor que cuando las plantas tienen de tres a cuatro hojas (Thomas, 2003). En estas situaciones, las plantas dañadas tienen que pasar por un período de recuperación, lo que podría aumentar las necesidades térmicas para completar el ciclo. Lo mismo ocurre con el estrés de corta duración causado por la temperatura del aire

durante la floración en donde las plantas emiten nuevas flores en el eje principal y tallos secundarios, aumentando la duración del período reproductivo.

Por su parte Coll (2013) afirma que si la helada no es muy intensa sólo son afectadas las flores abiertas en el momento de producirse la misma, mientras que las silicuas inferiores y los botones florales cerrados continúan desarrollándose normalmente. Luego de algunos días se pueden observar espacios vacíos en el tallo floral correspondientes a las flores abortadas.

Algunas flores y silicuas perdidas al comienzo de la floración pueden ser compensadas por silicuas de las ramificaciones laterales, de manera que el rendimiento es poco afectado por las heladas. En caso de un evento de helada al principio de la floración, aumenta la ramificación y el período de floración dura más tiempo, lo que resulta en más vainas que son mal llenadas, porque el rendimiento es compensado por las vainas de las ramas más bajas, que tienen una producción relativamente baja (Lardon y Triboui-Blondel, 1995). Thomas (2003) menciona que las heladas que suelen ocurrir durante la floración de colza pueden producir un leve retraso en la madurez y pequeñas reducciones del rendimiento.

Coll (2013) trabajando en la pampa argentina encontró que si bien las heladas luego de la floración son menos frecuentes en esa región y habitualmente de menor intensidad, pueden provocar reducciones significativas en el rendimiento y la calidad del cultivo de colza. El grado de daño de la helada depende del estado de madurez del cultivo y, generalmente, es mayor a medida que aumenta el contenido de humedad de la semilla. Con contenidos de humedad en los granos de alrededor del 45%, una helada fuerte producirá semillas “chuzas”, manchadas de blanco y arrugadas, ya que la acumulación de materia seca no ha finalizado aún.

Durante la floración y llenado de grano, las heladas pueden causar aborto de flores y la retención de la clorofila en los granos, formando granos verdes, que afectan negativamente a la calidad y la producción de grano (Johnson-Flanagan et al. 1992, Thomas 2003, McClinchey y Kott 2008).

JinLing (1997) observó que las bajas temperaturas de aire disminuyen el número de granos, debido a la reducción de la germinación de los granos de polen. Según Thomas (2003) una helada de -3°C es suficiente para matar semillas inmaduras con 50-60% de humedad, mientras que normalmente aquellas con menos de 20% escapan al daño. También señala que incluso aquellas heladas suaves (entre 0 y -1°C), pueden acelerar la deshidratación de las células de la pared de la silicua o de las semillas, afectando al sistema enzimático encargado de la degradación de la clorofila al aproximarse la madurez fisiológica de las semillas.

2.6. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Diepenbrock y Grosse (1995) desglosaron los componentes del rendimiento de colza-canola, identificando al número de plantas por m^2 , silicuas por planta, granos por silicua (que en conjunto determinan el número de granos por m^2) y peso del grano como los componentes primarios.

En colza-canola, al igual que en otros cultivos, el número de granos es el componente más importante en la determinación del rendimiento, siendo el peso de grano mucho más estable ante modificaciones en el ambiente (Scarisbrick et al. 1981, Peltonen-Saino y Jauhiainen 2008).

Los rendimientos de canola pueden ser más elevados cuando se incrementa el número de semillas por planta y la capacidad de fuente durante el llenado de los granos, esto último logrado con cultivares de maduración tardía (Habekotté, 1997a).

Por otro lado, están relacionados con características de la planta, tales como, el número y peso de granos y parámetros de crecimiento de la planta (Yasari y Patwardhan, 2006).

Un modelo simple de generación del rendimiento en grano, asume que este es el producto de la biomasa total generada por el cultivo y el índice de cosecha (IC), siendo este el atributo que más limita el rendimiento en colza-canola (Diepenbrock, 2000).

2.7. EFECTO GLOBAL DE LA FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra es la decisión de manejo más importante ya que define las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto el cultivo durante su desarrollo y cómo van a estar influyendo los factores mencionados anteriormente. A continuación se realizará una reseña de cómo interactúan estos factores al modificar la fecha de siembra y su influencia tanto en el rendimiento y calidad del cultivo como en la fenología.

2.7.1. Efecto de la fecha de siembra

Zelege et al. (2014) trabajando en el sur de Australia encontraron que, la diferencia en la probabilidad de los rendimientos en la primera, segunda y tercera semana de abril no fue alta. Sin embargo, a partir de la cuarta semana de abril hasta la primera semana de junio, la tasa de disminución en el rendimiento fue acelerada.

Coll (2012) trabajando en la localidad de Paraná observó que las fechas de siembra posteriores a la segunda quincena de mayo y los cultivares de ciclo muy largo reducen los rendimientos de colza. Al retrasar el inicio de la floración más allá de principios de septiembre se redujeron los rendimientos.

Valetti (1996) trabajando en la pampa húmeda de Argentina encontró que en siembras de principios de mayo en trece localidades se obtuvo un rendimiento medio de 2366 kg ha⁻¹ y 45,6 % de aceite, los cuales disminuyen a 1966 kg ha⁻¹ y 42,8 % de aceite en siembras de mediados de julio y principios de agosto.

Thurling (1974) observó que el rendimiento disminuye significativamente con el retraso en la siembra de cultivares primaverales en el oeste de Australia. Esta disminución del rendimiento se asocia principalmente con una reducción en el peso en seco total de la planta a la madurez. Esta disminución en el rendimiento fue acompañada por una marcada reducción en el número de vainas por planta, pero poco cambio en el peso de las semillas por vaina.

El peso seco total de la planta y el rendimiento fueron mayores en la primera siembra en la que el período desde la siembra hasta la primera flor fue mucho más largo que en siembras posteriores (Degenhardt y Kondra, 1981).

Iriarte (2014) observó que el rendimiento de materiales de ciclo corto se va incrementando a medida que se atrasa la fecha de siembra y por el contrario, el peso de 1000 granos acusa los valores más altos en fechas tempranas (fines de abril) y va disminuyendo hacia las tardías (mediados de junio). Este aumento en el peso del grano se explicaría porque hay un menor número de granos por metro cuadrado. En cambio en las fechas más tardías, el número de granos (aunque más liviano), aumenta considerablemente generando más rendimiento.

Los rendimientos en grano de colza en siembras tardías son más bajos debido a las reducciones en la duración de desarrollo pre-antesis (Thurling y Das 1979, Mendham et al. 1990, Hocking et al. 1991) combinado con una reducción del crecimiento post-antesis (Mendham et al. 1990, Hocking et al. 1991). La disminución del desarrollo pre-antesis genera una reducción de la biomasa aérea y de la cobertura del terreno resultando en un menor número de silicuas y contenido de aceite (Hocking y Stapper, 2001). Esta disminución no se puede explicar solo por la temperatura. En general, el requerimiento de grados día entre la siembra y floración disminuye a medida que las siembras se retrasan lo que indica que otros factores tales como el fotoperíodo pueden ser responsables de la iniciación de la floración (Nanda et al. 1996, Adamsen y Coffelt 2004).

Thurling (1974) al establecer tres fechas de siembra, señaló que la siembra tardía resultó con menor número de días de siembra a inicio de floración y redujo el potencial de la planta en la producción y llenado de semilla.

Según Coll (2012) las combinaciones de fechas de siembra tempranas y cultivares de colza de ciclo corto producirían floraciones prematuras, susceptibles al efecto negativo de las heladas. Sin embargo, retrasos en el inicio de la floración más allá de fines de agosto también generarían reducciones en el rendimiento y el contenido de aceite de colza.

Por otra parte Iriarte (2005) destaca que en el ciclo de invierno en Argentina, las variedades invernales que requieren cierto número de horas frío presentaron su mejor comportamiento cuando fueron establecidas en la primera y segunda fecha de siembra que correspondieron al 29 de abril y 14 de mayo, con una disminución en rendimiento de 200 a 300 kg ha.⁻¹, cuando la siembra se realizó en los meses de junio y julio.

Según Coll y Larrosa (2010) la época de siembra donde se obtienen los mayores rendimientos se corresponde con todo el mes de abril y principios de mayo. En fechas tardías los cultivares cortos fueron los que alcanzaron los rendimientos más altos. Sin embargo, aún no se cuenta con información concluyente acerca del largo de ciclo más adecuado para las fechas de siembra tempranas.

Iriarte (2006) en Tres Arroyos observó que los mejores rendimientos con cultivares primaverales, independientemente de su ciclo se han obtenido en siembras de mediados de mayo a mediados de junio. Por otra parte destaca que los materiales primaverales de ciclo intermedio y corto no deberían sembrarse muy temprano (marzo o abril) ya que pueden llegar a la etapa reproductiva (elongación y diferenciación floral) en un período en el que las condiciones principalmente de temperatura no son favorables.

Schwab (2010) en la Pampa argentina observó que en fechas de siembra temprana (marzo, abril) los materiales invernales (aquellos que presentan requerimientos de vernalización) presentan una mejor respuesta, con respecto a los materiales primaverales. Estos últimos presentan un mejor comportamiento en siembras de mayo y junio, donde los primeros, por presentar un ciclo más largo, empiezan a perder la potencialidad de sus rindes.

Degenhardt y Kondra (1981) mencionan que en general, los genotipos de maduración temprana mantienen el peso de semillas, mientras que los genotipos de maduración tardía, tienen un peso de semilla disminuido con fechas de siembra tardías.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron cuatro materiales de colza-canola en un total de cuatro fechas de siembra en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni durante la zafra 2014.

Las siembras de las parcelas experimentales se realizaron los días 23 de abril, 29 de mayo, 25 de junio y 8 de agosto. Las mismas se seleccionaron tratando de abarcar un amplio rango de estaciones de crecimiento de forma que pueda analizarse correctamente la respuesta fenológica de los cultivares, así como el comportamiento agronómico en distintas condiciones ambientales.

La siembra se realizó sobre un rastrojo de moha, con una sembradora de precisión (Semeato SHP 249) con una población objetivo de 60 pl. m⁻² y una distancia entre filas de 17 cm.

La fertilización se manejó de manera que no limitara los rendimientos aplicando a la siembra 70 kg ha⁻¹ de K₂O, 55 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 20 kg ha⁻¹ de S y 40 kg ha⁻¹ de N. Posteriormente se aplicaron un total de 110 kg ha⁻¹ de N repartidos en partes iguales en el estadio de B4 (cuatro hojas expandidas) y C1 (inicio de elongación).

Se sembraron tres materiales primaverales de los cuáles uno fue una variedad (Rivette) y dos fueron híbridos (Hyola 50 y Hyola 575 CL). El cuarto material correspondió a un híbrido de tipo invernal (Hyola 830 cc). El criterio para su selección fue su disponibilidad en el mercado y también se tuvo en cuenta su vigencia.

Los ensayos se mantuvieron libres de malezas mediante control con glifosato previo a la siembra y aplicación de 150 cc de Lontrel pre emergente y 150 cc al estadio de B4 para el control de hojas anchas. En esta segunda aplicación también se aplicó 150 cc Verdict para el control de gramíneas. Las malezas que escapaban del rango de acción de los herbicidas utilizados fueron controladas manualmente.

Las parcelas se mantuvieron libres de plagas mediante la aplicación de 150 cc de Intrepid cada vez que aparecían individuos de *Plutella xylostella* lo que requirió en términos medios dos aplicaciones por ciclo del cultivo. Por su parte no fue necesario aplicar fungicidas ya que no se detectaron síntomas de enfermedades.

El diseño del experimento es de bloques con parcelas al azar con tres repeticiones. Las parcelas tenían 9 surcos (1,53 m de ancho por 7, 2 m de largo). Debido a motivos operacionales se tuvo que implementar una restricción en la aleatorización ya que en cada fecha de siembra se sembró agrupada.

3.1. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE DAÑO POR HELADAS

Para determinar el riesgo potencial de daño por heladas tanto en etapa de implantación como durante la floración se utilizó la base de datos de la plataforma web del INIA (Castaño et al., 2011). En la misma se puede acceder a mapas de caracterización climática que presentan líneas que delimitan regiones del país con igual número de heladas promedio.

Para la determinación del número promedio de heladas se utilizó el mapa que muestra el percentil cincuenta y se eligió el mes en el cual el cultivo está atravesando la etapa de susceptibilidad.

3.2. VARIABLES EVALUADAS

A lo largo del ciclo del cultivo se evaluaron diversas variables relacionadas con el rendimiento así como también se fue determinando la evolución fenológica del cultivo.

En primer lugar se realizaron cortes para determinar la biomasa del cultivo en dos etapas diferentes del ciclo. Al momento de la cosecha, se realizó un conteo del número de silicuas totales.

A nivel de laboratorio se determinó la biomasa al momento de la cosecha, el peso de mil granos, el rendimiento, el índice de cosecha y el porcentaje de aceite para cada material.

La determinación de la evolución fenológica del cultivo se determinó mediante observaciones periódicas basándose en la escala fenológica CETIOM.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.3.1. Modelo estadístico

Para el desarrollo de los experimentos se planteó un modelo factorial con dos factores (fecha de siembra y variedad) y cuatro niveles por factor (cuatro fechas de siembra y cuatro materiales).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j(Fs) + Fs_i + V_k + (FsV)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : variable aleatoria observable.

μ : parámetro, media general de la población.

$\beta_j(Fs)$: efecto del j-ésimo bloque anidado a la fecha de siembra.

Fs_i : efecto de la i-ésima fecha de siembra.

V_k : efecto de la k-ésima variedad.

$(FsV)_{ik}$: efecto de la interacción entre la fecha de siembra y la variedad.

ϵ_{ijk} : variable aleatoria no observable, error experimental.

3.3.2. Análisis de los resultados

La herramienta utilizada para el análisis estadístico de los resultados fue el programa informático InfoStat.

En primer lugar se determinó cuáles eran los factores que influían de manera significativa en la determinación del rendimiento final mediante un análisis de la varianza.

Una vez identificados los factores que influían de manera significativa se procedió a determinar cuáles eran los niveles de los mismos que maximizaban el rendimiento. Para esto se utilizó la prueba estadística de Fisher, la cual permite identificar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Por otro lado, utilizando las mismas herramientas estadísticas se analizó la correlación existente entre algunos componentes del rendimiento (número de granos, peso de mil granos, número de silicuas) y el rendimiento, así como entre componentes del rendimiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZAFRA 2014

4.1.1. Régimen pluviométrico

La zafra estuvo caracterizada por niveles de precipitación muy por encima de lo esperado de acuerdo a la media histórica, salvo en los meses de junio y agosto en donde las precipitaciones fueron inferiores a la misma. Las precipitaciones registradas, durante el período considerado, fueron un 58% superiores a lo esperado en términos medios (1327 mm y 840 mm para el año 2014 y la media histórica respectivamente) (figura 1). Considerando que los meses en donde las precipitaciones fueron inferiores a la media histórica fueron precedidos por meses con importantes volúmenes de precipitaciones no se considera que haya existido un efecto negativo en el desarrollo del cultivo asociado a deficiencias hídricas y es probable que en muchos momentos la principal limitante para el desarrollo del cultivo hayan sido los excesos hídricos.

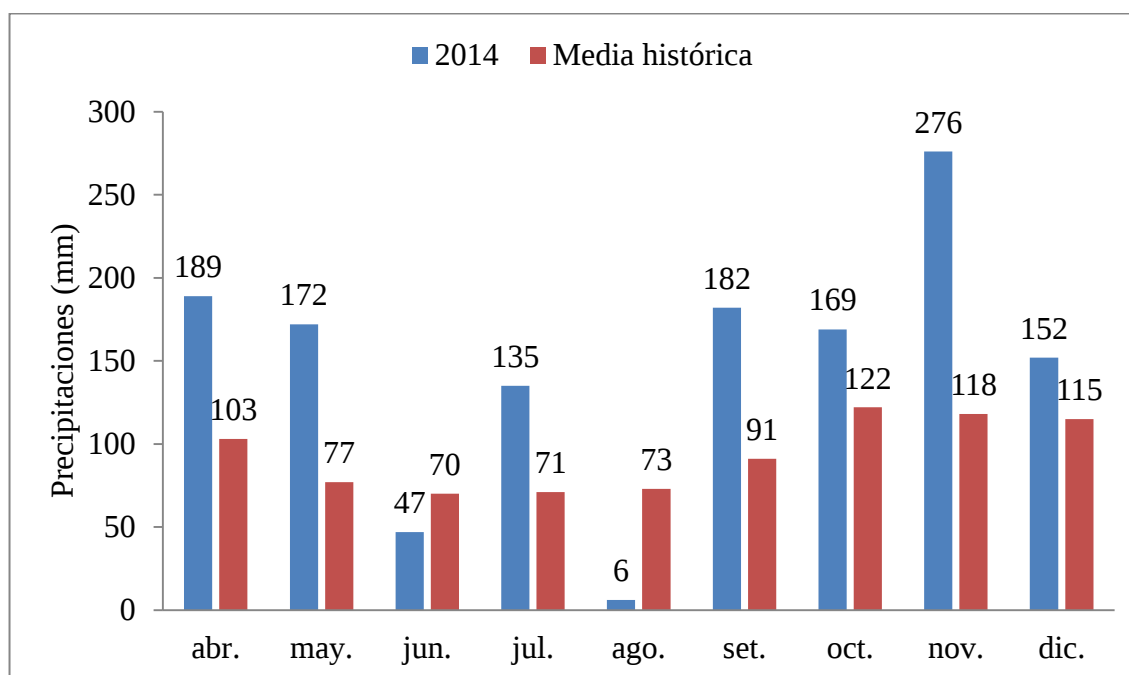


Figura 1. Precipitaciones ocurridas durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (1961-1990 Estación meteorológica: Paysandú). Ubicación: -32.348 -58.0366.

4.1.2. Temperatura

Los registros de temperaturas fueron variables durante la zafra 2014 (figura 2). En los meses de abril, mayo y junio, la temperatura media fue similar a la media histórica. Durante las primeras etapas de los cultivos sembrados antes de junio (abril y mayo), las temperaturas medias fueron iguales o inferiores a la media histórica, no obstante a partir del mes de julio se dio el proceso contrario, las temperaturas tendieron a ser iguales o superiores a la media esperada para el sitio, lo que sumado al exceso de precipitaciones puede haber aumentado el estrés de los cultivos considerando que ese período coincide para la mayoría de las siembras con el de elongación, floración y llenado de grano.

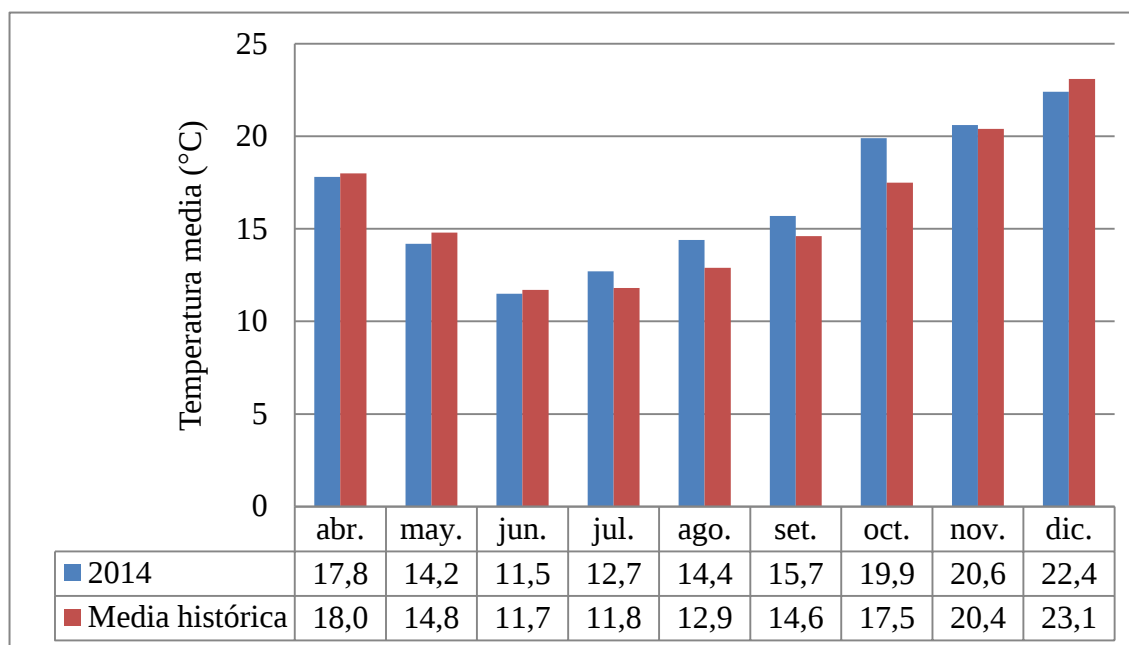


Figura 2. Temperatura media ocurridas durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (1961-1990 Estación meteorológica: Paysandú). Ubicación: -32.348 -58.0366.

4.1.3. Radiación incidente

Los registros de radiación durante zafra 2014 fueron en general similares a la media histórica a excepción de los meses de octubre y noviembre en los cuales la radiación fue notablemente inferior a la media histórica, probablemente debido a las

importantes precipitaciones que ocurrieron durante estos meses las cuales mantuvieron el cielo cubierto durante un tiempo considerable (figura 3).

Esto será analizado en detalle más adelante, pero en líneas generales un exceso de precipitaciones combinado con altas temperaturas medias y baja radiación solar son condiciones que seguramente afecten el potencial de rendimiento especialmente si estas condiciones se dan cuando los cultivos se encuentran en el período crítico, como ocurrió en esta oportunidad.

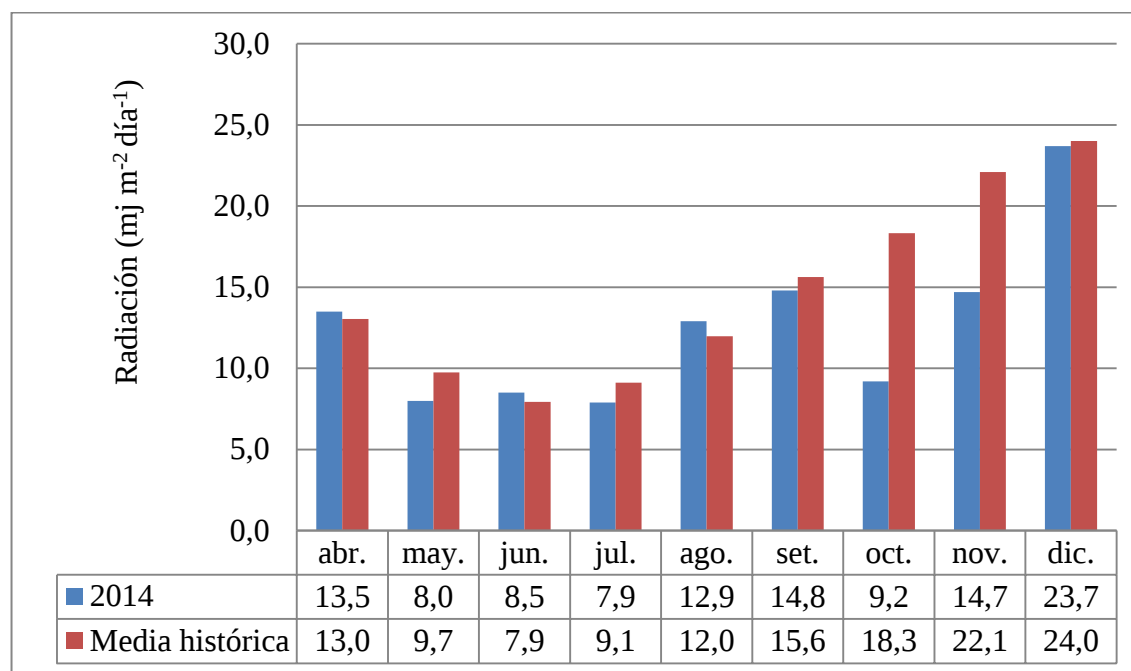


Figura 3. Radiación media diaria durante la zafra 2014 en relación a la media histórica (2002-2013).

4.2. ANALISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS A LO LARGO DEL CICLO DEL CULTIVO

4.2.1. Precipitación acumulada

Independientemente del material y de la fecha de siembra considerada se aprecia que la mayor proporción de las precipitaciones se dieron en el período comprendido entre siembra y B4. Los registros para los tres cultivares primaverales son bastante similares si se considera una misma fecha de siembra. Si se analiza un mismo cultivar y

se hace variar la fecha de siembra se puede observar que existen importantes variaciones en los registros pluviométricos dentro de cada sub período (figura 4).

No obstante la importante cantidad de precipitaciones alcanzadas en esa fase inicial del cultivo fue determinante de los problemas de implantación que existieron.

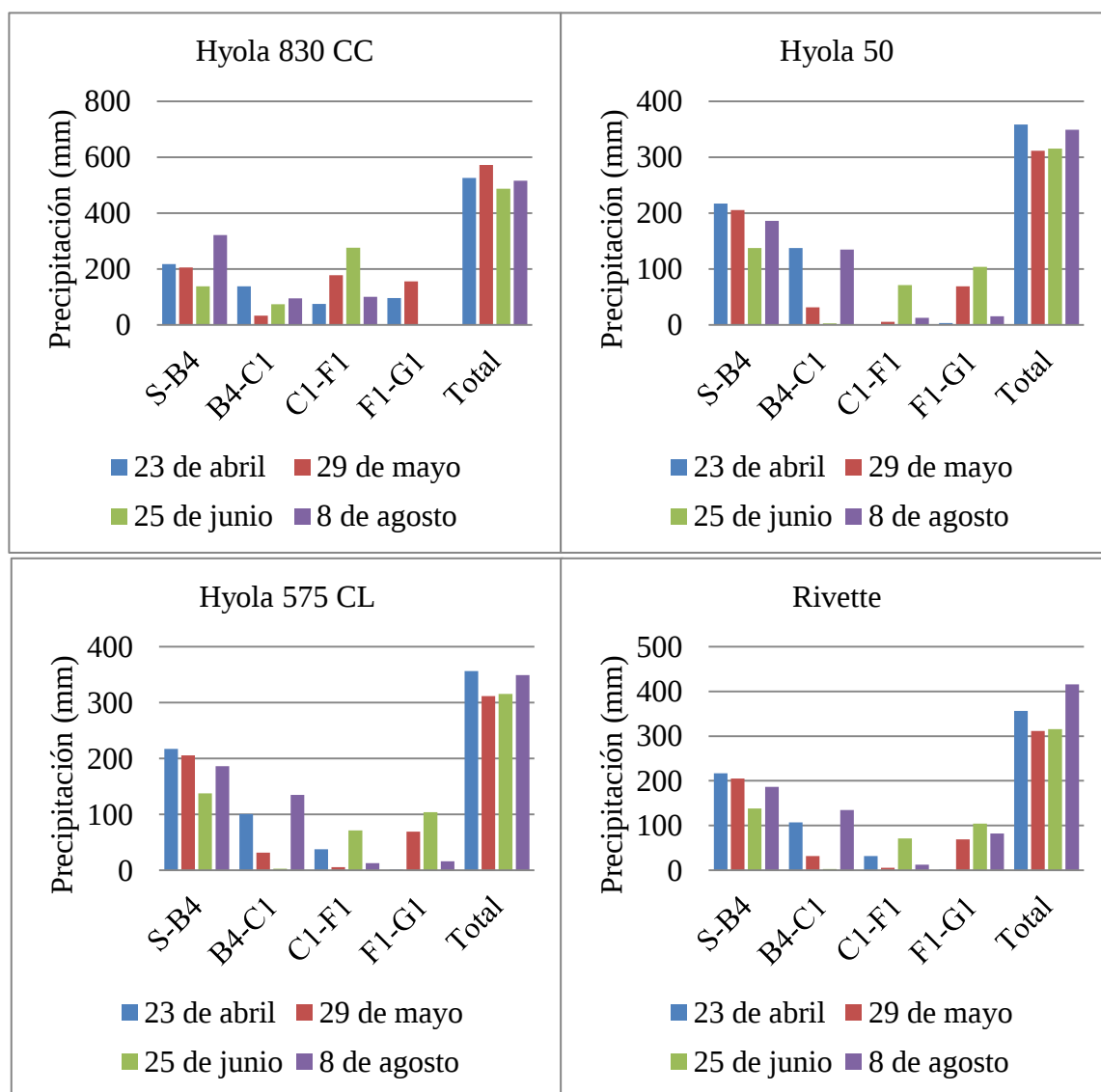


Figura 4. Precipitación acumulada por subperíodo para cada material.

En el caso del material invernal se puede apreciar como en el total del ciclo el registro pluviométrico es mayor en relación a los registros observados para los materiales primaverales, lo cual está principalmente explicado por su mayor duración

del ciclo. En cuanto a la distribución de las precipitaciones, se observa que las mismas son menos variables entre sub períodos.

4.2.2. Radiación acumulada

Para el caso de los materiales primaverales se observa que la evolución de los registros de radiación acumulada tiende a ser similar dentro de una misma fecha de siembra (figura 5).

La fecha de siembra del 8 de agosto se destaca con respecto a las demás debido a una mayor radiación total acumulada, probablemente justificada por una mayor tasa de acumulación diaria que se evidencia sobre todo entre siembra y B4 por ser la única etapa fenológica que no se acorta. Para el caso del material invernal la situación es similar solo que la radiación total acumulada es mayor probablemente debido a una mayor duración de las etapas fenológicas y por lo tanto del ciclo.

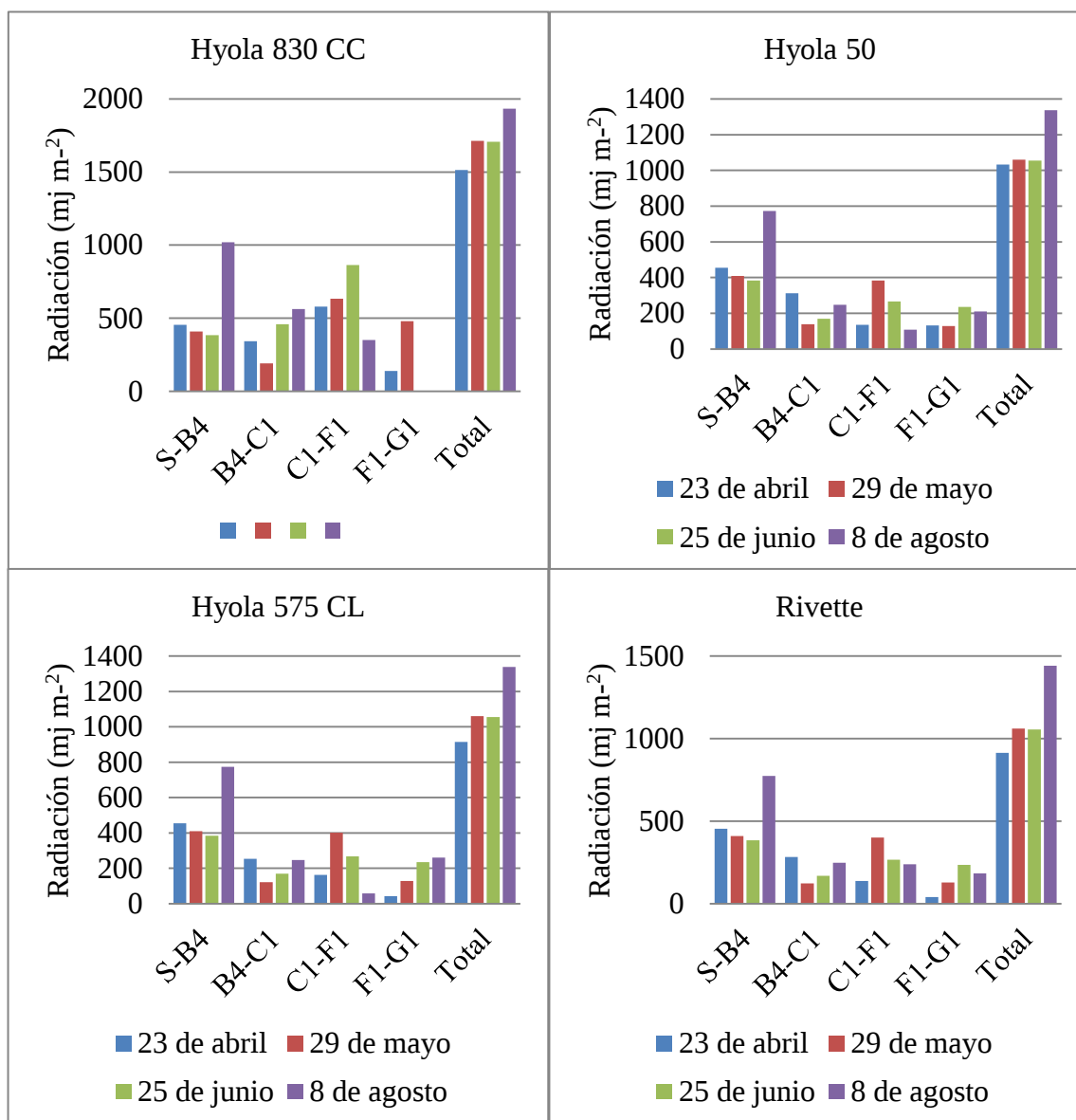


Figura 5. Radiación acumulada por subperíodo para cada material.

4.2.3. Suma térmica

En el caso de los materiales primaverales se observa que al retrasar la fecha de siembra la suma térmica a floración disminuye en las tres primeras épocas evaluadas, lo cual probablemente se deba a que existe una respuesta al fotoperíodo. Para la última fecha de siembra se observa que la suma térmica a floración no sigue la misma tendencia de reducción, sino que aumenta levemente en relación a la tercer época, esto se debe principalmente a un incremento de los grados días acumulados en el período siembra-B4 posiblemente atribuible a una mayor tasa de acumulación diaria (cuadro 1).

Para los materiales primaverales la suma térmica entre siembra-B4 representa aproximadamente la mitad o más de la suma térmica a floración.

En el caso del material invernal, si se consideran las dos primeras fechas de siembra se observa una reducción en la suma térmica a floración, esto probablemente se deba a que el material presenta respuesta al fotoperíodo. En la tercera y cuarta fecha de siembra ya no se observa dicha reducción lo cual probablemente se deba a que no logró cumplir con sus requisitos de vernalización necesarios para florecer adecuadamente.

Cuadro 1. Suma térmica por sub períodos y total a floración en función de la fecha de siembra

Época	Variedad	S-B4	B4-C1	C1-F1	S-F1
23 de abril	Hyola 830 CC	725	503	694	1922
	Hyola 50	725	476	193	1394
	Hyola 575 CL	725	381	244	1350
	Rivette	725	432	212	1369
29 de mayo	Hyola 830 CC	639	265	680	1584
	Hyola 50	639	213	390	1242
	Hyola 575 CL	639	180	422	1241
	Rivette	639	180	422	1241
25 de junio	Hyola 830 CC	576	511	860	1947
	Hyola 50	576	159	329	1064
	Hyola 575 CL	576	159	329	1064
	Rivette	576	159	329	1064
8 de agosto	Hyola 830 CC	1046	574	312	1932
	Hyola 50	803	243	122	1168
	Hyola 575 CL	803	243	85	1131
	Rivette	803	243	235	1281

4.3. POBLACIÓN LOGRADA

En el cuadro 2 se puede apreciar como variaron las poblaciones logradas en función del material y de la fecha de siembra. Las bajas poblaciones logradas se debieron principalmente al exceso hídrico al cual se enfrentó el cultivo en etapas tempranas. Otro aspecto importante a destacar es que las mismas se encontraron por debajo de las establecidas como óptimas que serían en torno a las 60-80 plantas m⁻², no obstante, los resultados de ensayos llevados a cabo durante ese mismo año, en el mismo sitio, no muestran impacto de la población en el rendimiento.

Cuadro 2. Población lograda en función de la época de siembra y el material utilizado.

Época	Material	Pobl. (pl. m ⁻²)	Pobl. promedio
23 de abril	Hyola 830 cc	58	62
	Hyola 50	71	
	Hyola 575 CL	55	
	Rivette	64	
29 de mayo	Hyola 830 cc	40	36
	Hyola 50	34	
	Hyola 575 CL	36	
	Rivette	31	
25 de junio	Hyola 830 cc	27	40
	Hyola 50	29	
	Hyola 575 CL	46	
	Rivette	57	
8 de agosto	Hyola 830 cc	27	44
	Hyola 50	38	
	Hyola 575 CL	48	
	Rivette	65	

4.4. ANÁLISIS GLOBAL DE LOS RESULTADOS

El análisis de toda la base de datos indica que la época de siembra fue un factor determinante por sí sólo de los rendimientos ($P < 0,0001$), a su vez el material sembrado fue otro determinante del rendimiento ($P < 0,0026$). La población no se utilizó como una covariable al no encontrarse una clara asociación entre la misma y el rendimiento.

($P < 0,3078$). No obstante el ranking entre materiales se modificó de acuerdo a la fecha de siembra, ya que existió una interacción positiva entre época de siembra y variedad ($P < 0,0198$).

4.4.1. Efecto de la fecha de siembra

Se pudo observar una disminución en los rendimientos medios en la medida que se atrasó la fecha de siembra. La primera y segunda época (23 de abril y 29 de mayo) fueron estadísticamente superiores a la tercera y la cuarta época (25 de junio y 8 de agosto). Esta última se presenta como la de menor rendimiento medio, presentando un rendimiento medio tres veces inferior al promedio de las dos primeras épocas (2848 vs. 909 Kg ha⁻¹).

Cabe señalar que los rendimientos promedio de la época 3, se encuentran afectados por la baja performance del material invernal, Hyola 830 CC, el cual en promedio rinde 624 kg ha⁻¹. Si no se considera a este cultivar el rendimiento promedio de la época sería de 2619 Kg ha⁻¹ en lugar de 2064 Kg ha⁻¹.

Por este motivo, al existir una interacción que determina que cada cultivar se pueda comportar de manera diferencial en cada fecha, no es del todo apropiado analizar estos factores por separado.

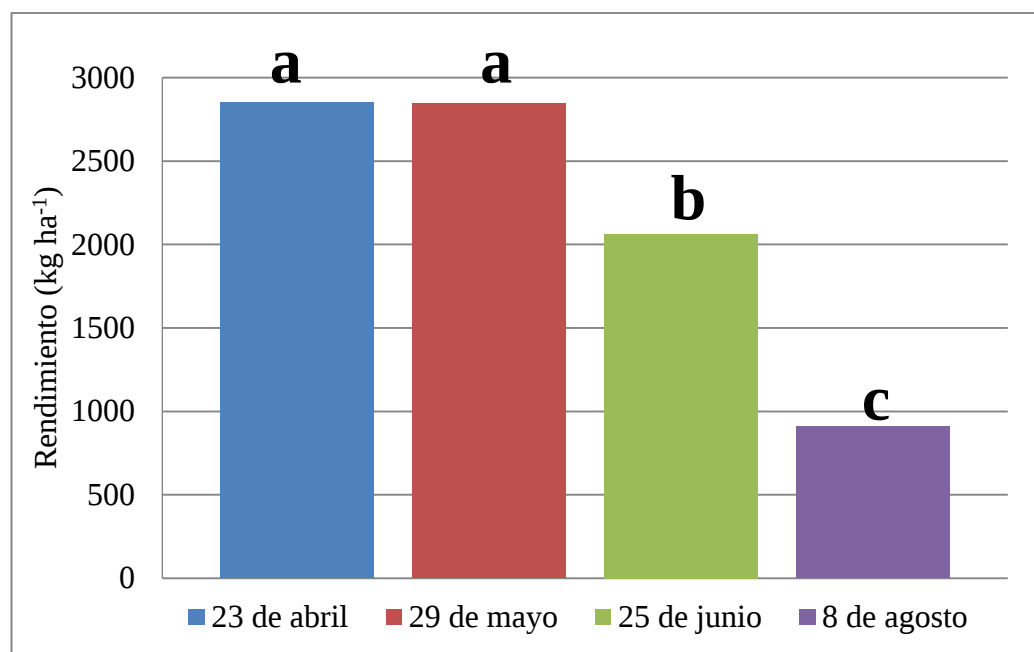


Figura 6. Rendimiento en grano según fecha de siembra.

4.4.2. Efecto del material

Cuando se analizan los materiales en el conjunto de las fechas de siembra se observa que Hyola 830 cc presentó los menores rendimientos y el resto no pudieron diferenciarse estadísticamente. No obstante resulta interesante el hecho de que la única variedad sembrada (Rivette) en términos absolutos superara a todos los híbridos evaluados (figura 7).

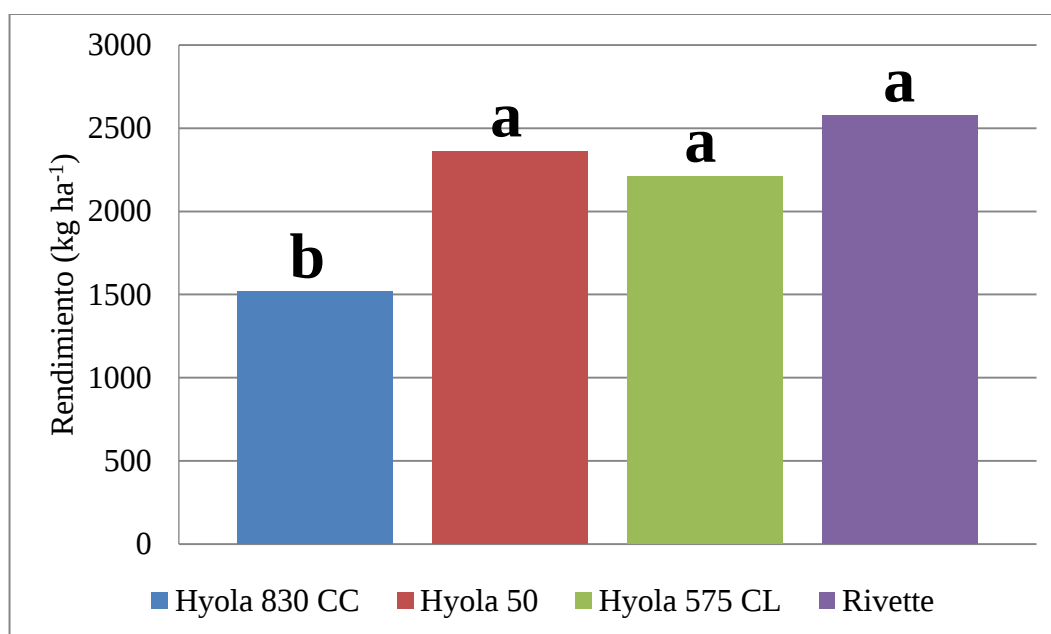


Figura 7. Rendimiento en grano en función del material.

4.4.3. Efecto de la interacción época*material

El análisis de esta interacción es un poco más compleja que el análisis de cada factor por separado. Es posible encontrar diferentes combinaciones de época de siembra y cultivar que logran los rendimientos más altos, siendo la época uno (23 de abril) la única en donde siempre los rendimientos se situaron en el nivel más alto. En la época dos (29 de mayo) salvo para Hyola 575 CL los rendimientos fueron de los más altos. Para la época tres (25 de junio), se encontró que si bien se pueden obtener rendimientos altos los mismos se encuentran más condicionados por el material utilizado, por ejemplo los materiales Rivette y Hyola 575 CL obtienen buenos rendimientos mientras que

Hyola 830 CC y Hyola 50 obtienen rendimientos inferiores. Por último para la época cuatro, independientemente del material utilizado, los rendimientos fueron bajos.

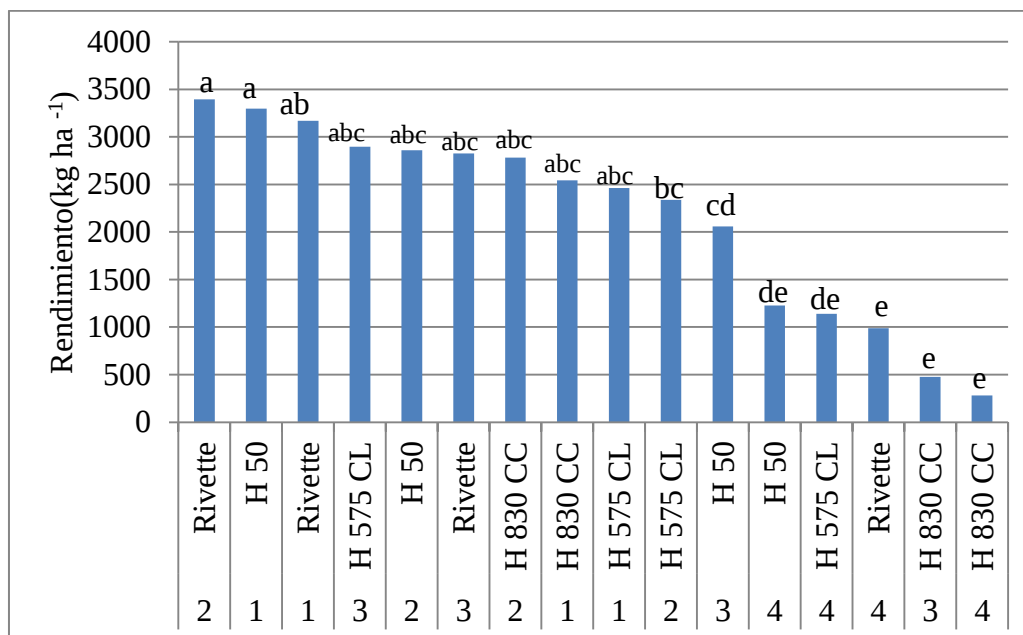


Figura 8. Efecto de la interacción época*material sobre el rendimiento en grano.

4.4.4. Análisis intra fecha de siembra

En esta sección se realizará un análisis de los resultados dentro de cada fecha de siembra con el objetivo de determinar si existen diferencias de comportamiento entre los cultivos dentro de las mismas. Como se observa en la figura 10 tanto para la fecha de siembra del 23 de abril como para la del 29 de mayo no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre los cultivos. Esto quiere decir que no se puede afirmar que algún cultivar sea diferente al resto, no obstante en términos absolutos se observó el mismo comportamiento medio, donde Hyola 50 y Rivette tienen los mayores rendimientos absolutos.

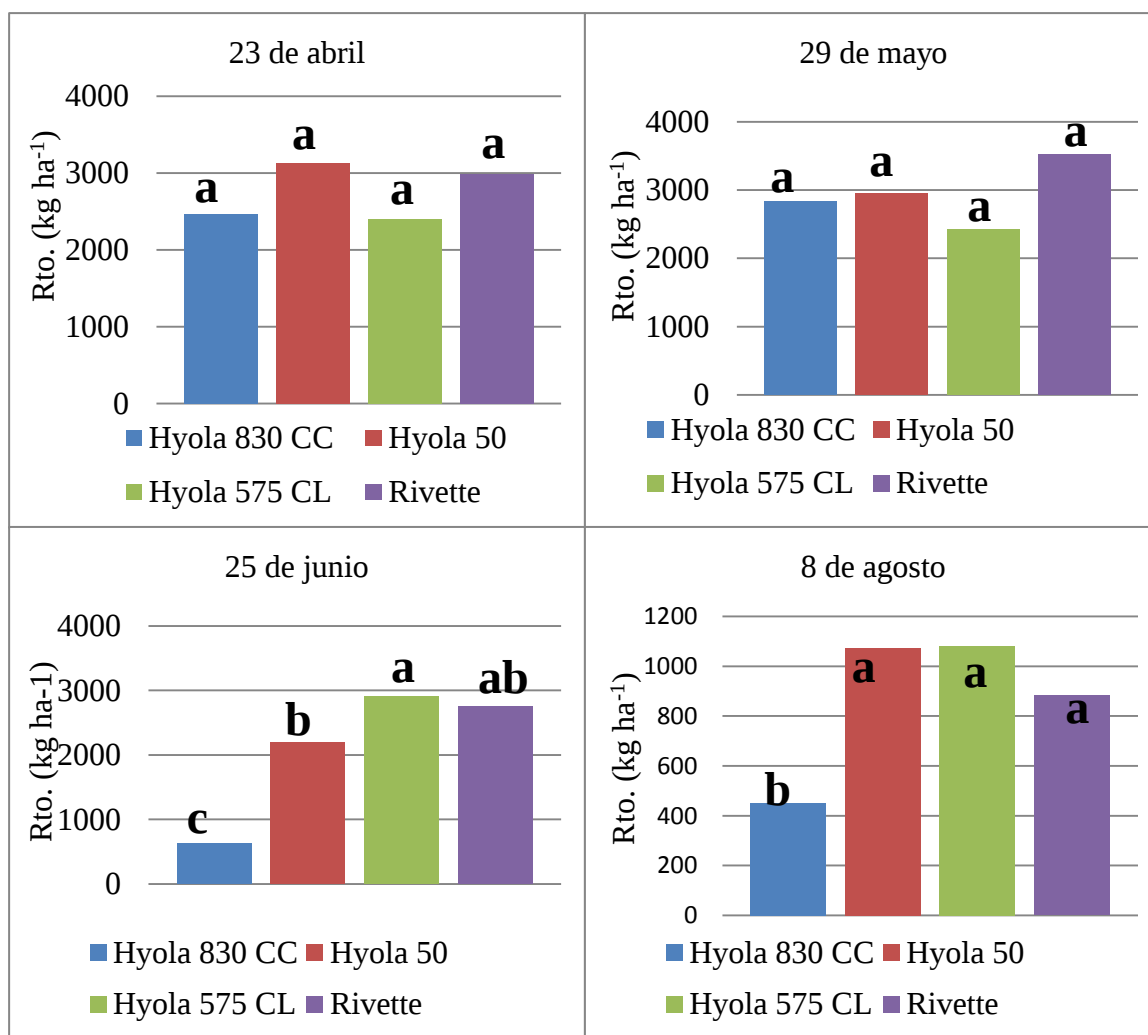


Figura 9. Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en función del material utilizado.

Para el caso de la época tres, correspondiente al 25 de junio, se encontraron diferencias significativas entre las variedades ($P < 0,0006$), lo que quiere decir que al menos una variedad se comporta de manera diferencial al resto. Para esta época los cultivares Hyola 575 CL, Hyola 50 y Rivette son superiores al cultivar Hyola 830 CC. Por otra parte, el cultivar Hyola 575 CL es superior al cultivar Hyola 50, no encontrándose diferencias significativas entre el mismo y Rivette.

Con respecto a la última época, correspondiente al 8 de agosto, se encontró que por lo menos existía un material diferente al resto ($P < 0,0150$). Como se observa en la figura 10 los materiales Rivette, Hyola 50 y Hyola 575 CL son superiores al material Hyola 830 CC e iguales entre sí para esta época.

4.4.5. Análisis intra material

Como se viene observando en los apartados anteriores, el rendimiento varía entre cultivares, pero también lo hace dentro de cada cultivar en función de la fecha en la cual se siembre.

A continuación, se realizara un análisis estadístico para determinar para cada cultivar cuales son las fechas de siembra que maximizan el rendimiento y cuales determinan una disminución significativa del mismo.

4.4.5.1. Hyola 830 CC

Se puede concluir que existe al menos una época en donde el cultivar Hyola 830 CC se comporta de manera diferente al resto ($P < 0,0076$). Las épocas uno y dos son significativamente superiores en cuanto a rendimiento a las épocas tres y cuatro, lo cual es esperable para un cultivar invernal con necesidades de frío y cuya fenología y ciclo se alarga de forma importante en siembras tardías (ver sección 4.5).

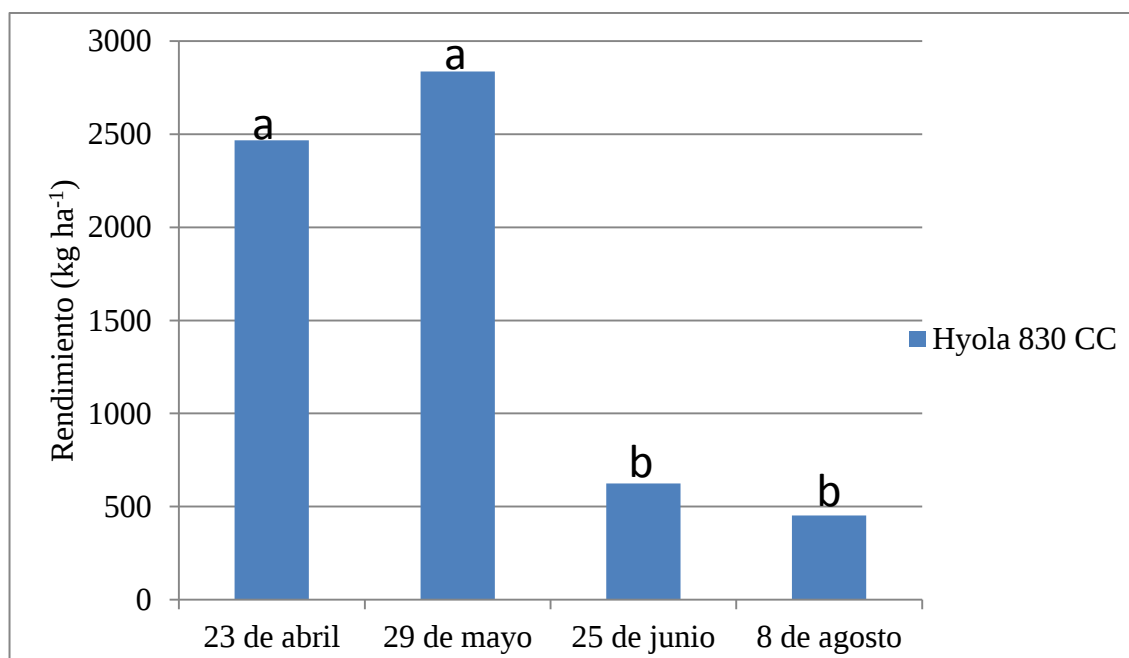


Figura 10. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 830 CC.

4.4.5.2. Hyola 575 CL

Al igual que en el caso anterior existe al menos una época en donde el cultivar Hyola 575 CL presenta un rendimiento diferente ($P < 0,0130$). En este caso, no se detectan diferencias entre las tres primeras épocas, pero estas son superiores a la época cuatro en cuanto a rendimiento.

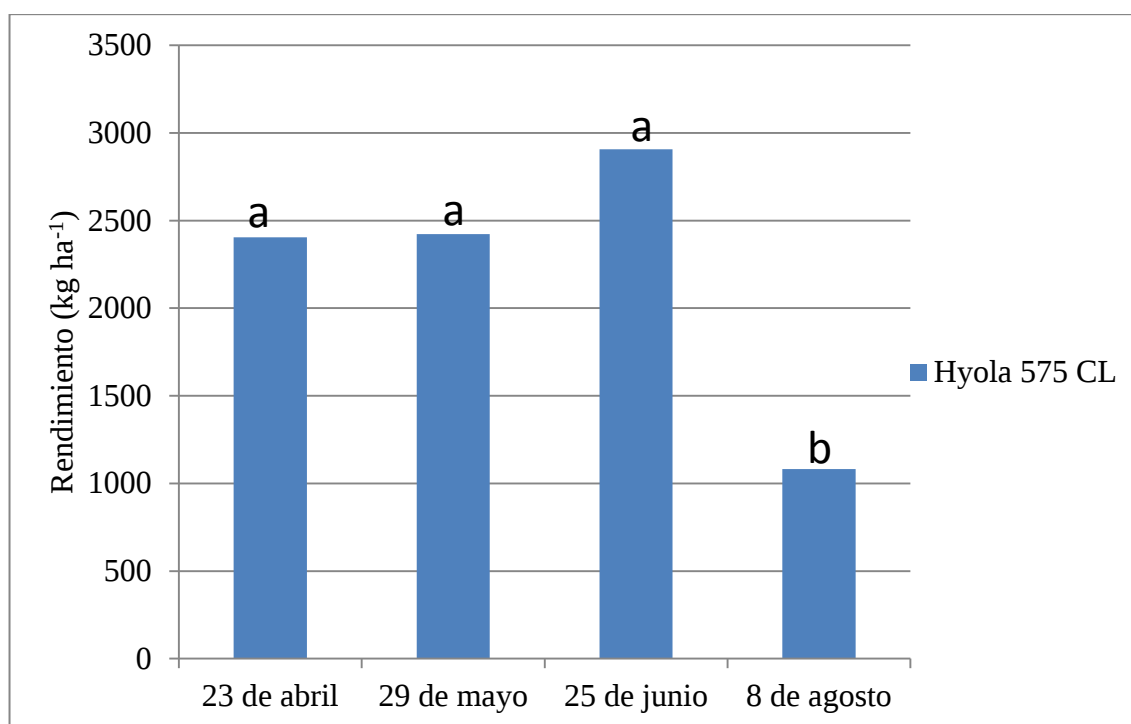


Figura 11. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 575 CL.

4.4.5.3. Rivette

Se puede concluir que existe al menos una época en donde el cultivar Rivette se comporta de manera diferente al resto de las mismas ($P < 0,0047$).

Entre las épocas uno, dos y tres no existen diferencias estadísticamente significativas y estas son superiores a la época cuatro en cuanto a rendimiento.

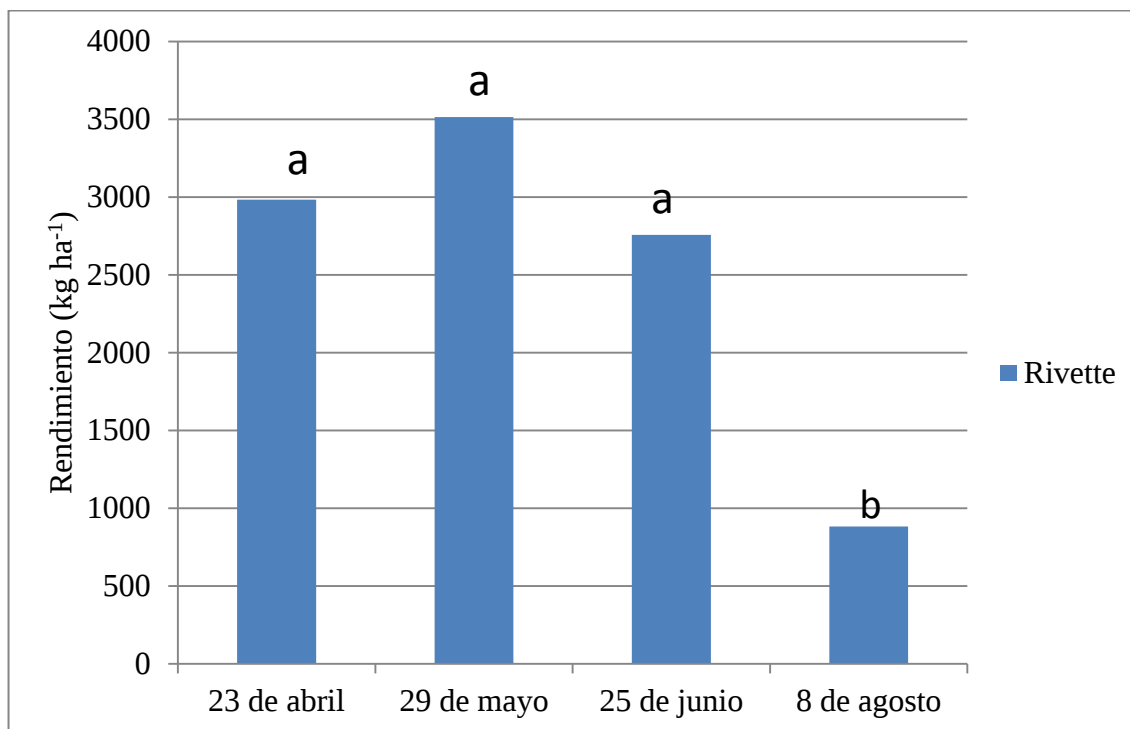


Figura 12. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Rivette.

4.4.5.4. Hyola 50

En el caso de Hyola 50, al igual que en los otros materiales, existe al menos una época que presenta un efecto diferencial en el rendimiento ($P < 0,0203$).

No se puede afirmar que existan diferencias entre las tres primeras épocas. Las épocas uno y dos son estadísticamente diferentes y superiores a la época cuatro. No se encontraron diferencias entre las épocas tres y cuatro.

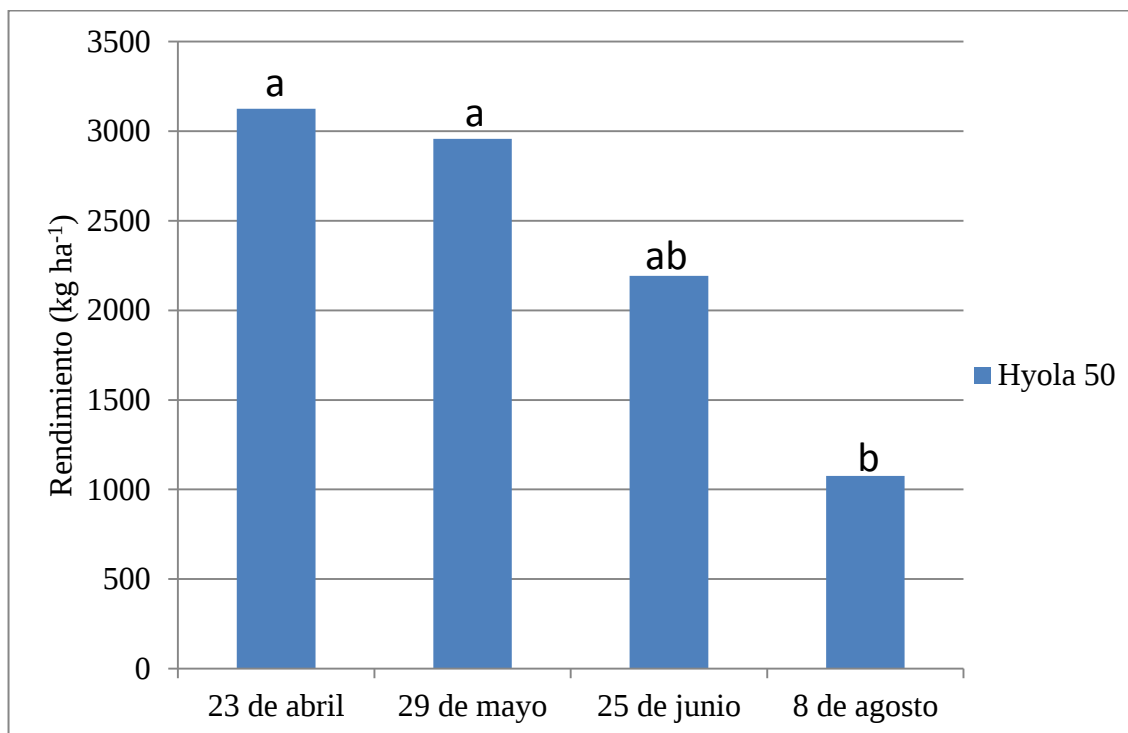


Figura 13. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento para el material Hyola 50.

De la información presentada anteriormente se puede concluir en primer lugar para los tres cultivares primaverales, que las tres primeras fechas de siembra consideradas en este experimento logran los máximos rendimientos, mientras que la última fecha determina la obtención de rendimientos muy inferiores, no obstante, mientras las primeras fechas se corresponden con fechas potencialmente usadas a nivel país, la última está por fuera del rango, por lo que en el amplio rango utilizado de fechas de siembra los materiales en general no se diferenciaron. Esto se logró en un experimento dónde se aseguraron las condiciones de implantación y no existieron heladas extremas ni a siembra ni durante la floración y llenado de grano.

Un detalle no menor es que bajo las condiciones del ensayo, tampoco se detectó una mejora en los rendimientos del material invernal respecto a los primaverales en fechas de siembra tempranas (abril), tal como menciona el trabajo de Schwab (2010).

Para el caso del cultivar invernal, las primeras dos fechas son en las que se logran obtener los rendimientos más altos. En las últimas dos fechas los mismos se reducen significativamente aunque sin existir diferencias entre estos.

4.5. EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA FENOLOGÍA

La ubicación de los distintos estadios fenológicos es determinante de los rendimientos alcanzados ya que el momento de ocurrencia y las condiciones climáticas del momento determinan que proporción de los requerimientos del cultivo son aportados por la oferta ambiental.

Un retraso en la fecha de siembra determina una reducción en los días a floración para los cultivares primaverales, lo cual puede redundar en una menor biomasa acumulada a dicha etapa y por lo tanto menor fuente para el llenado de grano (figura 14). Esto puede repercutir en el rendimiento dependiendo de la magnitud de la reducción de la etapa vegetativa y de las características del cultivar.

Cuando la reducción en los días a floración no es significativa, como en el caso de la siembra de abril en comparación con la de mayo, se tendrán otros factores que van a ser mas determinantes en la definición del rendimiento lo cual va a estar asociado a las condiciones ambientales en cada uno de los estadios.

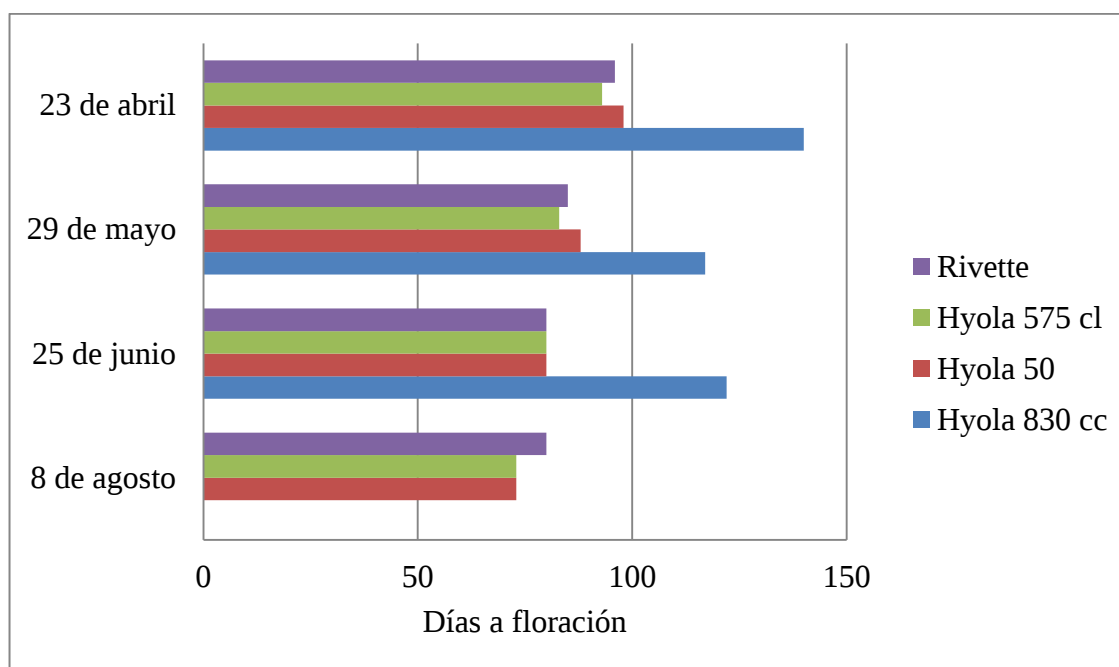


Figura 14. Días a floración en función de la fecha de siembra y el material.

Para el caso del cultivar invernal se presentan dos situaciones bien diferentes. En las siembras de abril y de agosto los días a floración rondaron los 140 días, mientras que en las siembras de mayo y junio rondaron los 120 días. Esta diferencia puede deberse a

un efecto negativo de las altas temperaturas en la acumulación de horas de frío para abril y agosto, lo cual redundo en una prolongación del período vegetativo. En el caso de la siembra de abril, esta prolongación de la etapa vegetativa no tuvo un efecto tan negativo en el rendimiento producto de que es una fecha de siembra adecuada y el llenado de grano no se da en condiciones tan adversas de temperatura. En el caso de la siembra de agosto, este retraso en la floración si tiene un efecto negativo sobre el rendimiento ya que coloca la etapa de llenado de grano en un momento del año en que las temperaturas se encuentran muy por encima de las óptimas.

4.6. RIESGO DE HELADAS EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA

Considerando la fecha en la que ocurrió la floración, se determinó el número potencial de heladas al cual está expuesto el cultivo, lo que no significa que haya estado expuesta en esta zafra en particular, sino que se asume como una medida del riesgo potencial.

Cuadro 3. Riesgo de heladas tanto en implantación como en floración en función de la fecha de siembra y el material considerado.

Fecha de siembra	No. de heladas implantación	Cultivar	Días a floración	Fecha floración	No. de heladas floración
23 de abril	0	Hyola 50	98	30 de julio	9
		Hyola 575 CL	93	25 de julio	9
		Rivette	96	28 de julio	9
		Hyola 830 CC	140	10 de setiembre	2
29 de mayo	2	Hyola 50	88	25 de agosto	5
		Hyola 575 CL	83	20 de agosto	5
		Rivette	85	22 de agosto	5
		Hyola 830 CC	117	23 de setiembre	2
25 de junio	7	Hyola 50	80	13 de setiembre	2
		Hyola 575 CL	80	13 de setiembre	2
		Rivette	80	13 de setiembre	2
		Hyola 830 CC	Nunca	-	-
8 de agosto	5	Hyola 50	73	20 de octubre	0
		Hyola 575 CL	73	20 de octubre	0
		Rivette	80	27 de octubre	0
		Hyola 830 CC	Nunca	-	-

Para nuestro experimento cuando se sembraron cultivares primaverales el 23 de abril la fecha de floración se ubicó en la última semana de julio. En un año promedio, según los registros de Castaño et al. (2011), en este mes ocurren nueve heladas, lo cual significa un alto riesgo de sufrir daños debido a las mismas.

En lo que respecta al cultivar invernal Hyola 830 CC, al ser sembrado el 23 de abril ubicó la floración más tarde en el mes de setiembre, producto de un mayor largo de ciclo. Esta fecha aparece como más segura debido a la menor probabilidad de ocurrencia

de heladas en este mes. En conclusión la fecha de siembra del 23 de abril aparece como adecuada para el cultivar invernal ya que ubica la floración en un período en donde la probabilidad de ocurrencia de heladas es menor.

Por otra parte, estas fechas de siembra resultan altamente riesgosas para los cultivares primaverales estudiados ya que el período crítico se ubica en un momento en el cual el riesgo de heladas es elevado. Esto puede redundar en importantes mermas en el rendimiento.

En el caso de la fecha de siembra del 29 de mayo, para los cultivares primaverales, si bien la floración se ubica un mes más tarde en relación a la fecha analizada anteriormente (fines de agosto) también existe cierto riesgo de daño por heladas durante la misma, no obstante el riesgo disminuye marcadamente.

Al igual que para la fecha de siembra del 23 de abril, el cultivar Hyola 830 CC ubicó el período crítico en el mes de setiembre pero en la segunda quincena del mes. Esto implica que el riesgo de daños por helada sea bajo. La fecha de siembra del 25 de junio se presenta como menos riesgosa en lo que respecta a la ubicación de la floración para los cultivares primaverales. En este caso todos florecieron en el mes de setiembre, que como se ha mencionado anteriormente, trae aparejado un bajo riesgo de daños por helada.

En lo que respecta al cultivar invernal, se observa que el mismo no llega a florecer, probablemente porque no logra cubrir sus requerimientos de vernalización. Por lo tanto esta fecha de siembra si bien implica que no existan riesgos de daños por helada en floración no es recomendable debido a que el cultivo no logra llegar a floración.

Por último la fecha de siembra del 8 de agosto, si bien presenta los menores riesgos de daños por heladas en floración para todos los cultivares primaverales no es recomendable sembrar en la misma ya que los rendimientos decaen notoriamente. En el caso del cultivar invernal esta fecha determina que el mismo no llegue a florecer.

En síntesis, considerando la probabilidad de ocurrencia de daños por helada en floración, las fechas de siembra del 23 de abril y 29 de mayo se presentan como muy riesgosas para los cultivares primaverales y adecuadas para los cultivares invernales.

La siembra del 25 de junio se presentó como la más adecuada, ya que permitió obtener buenos rendimientos y disminuyó el riesgo de heladas en floración.

No parece recomendable sembrar cultivares invernales en las últimas dos fechas, ya que en este año en ninguno de los dos casos se logró llegar a floración con el 100% de las plantas.

En lo que respecta al riesgo de daño por heladas en implantación se puede observar que con siembras de abril no hay riesgo de sufrir daños, mientras que con

siembras de mayo el riesgo es moderado. Para los casos de siembras en junio y agosto el riesgo de sufrir daños por heladas en implantación se incrementa significativamente.

Un aspecto a destacar es que, para los cultivares primaverales, no es posible estar libre de heladas en los dos momentos (implantación y floración). Si se considera por ejemplo al cultivar Rivette sembrado temprano (23 de abril) se puede apreciar que el riesgo de que exista una helada en implantación es mínimo, sin embargo, el riesgo de que ocurra una helada en floración es muy alto. Por otro lado, si se decide sembrar el mismo cultivar el 25 de junio, se aprecia como el riesgo de que ocurran daños en implantación, producto de las heladas, es muy importante. En cuanto al riesgo de daños por heladas en floración, se observa que éste se reduce considerablemente.

4.7. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.7.1. Número de granos

Como se puede observar en la figura 15 el número de granos por metro cuadrado está claramente asociado al rendimiento ($R^2=0,93$). Por lo tanto, para obtener altos rendimientos es necesario tener un número de granos elevado, y para conseguir esto es necesario un buen desarrollo del cultivo desde etapas tempranas, considerando que ya en B4 comienza a definirse el número potencial de granos, tal como lo destacan los trabajos de Scarisbrick et al. (1981), Habekotté (1997b), Peltonen-Saino y Jauhiainen (2008).

Si bien existe un cierto efecto compensatorio entre el número de granos y el peso de los mismos, éste no es lo suficientemente importante como para compensar una importante reducción en el número de granos y evitar caídas en el rendimiento.

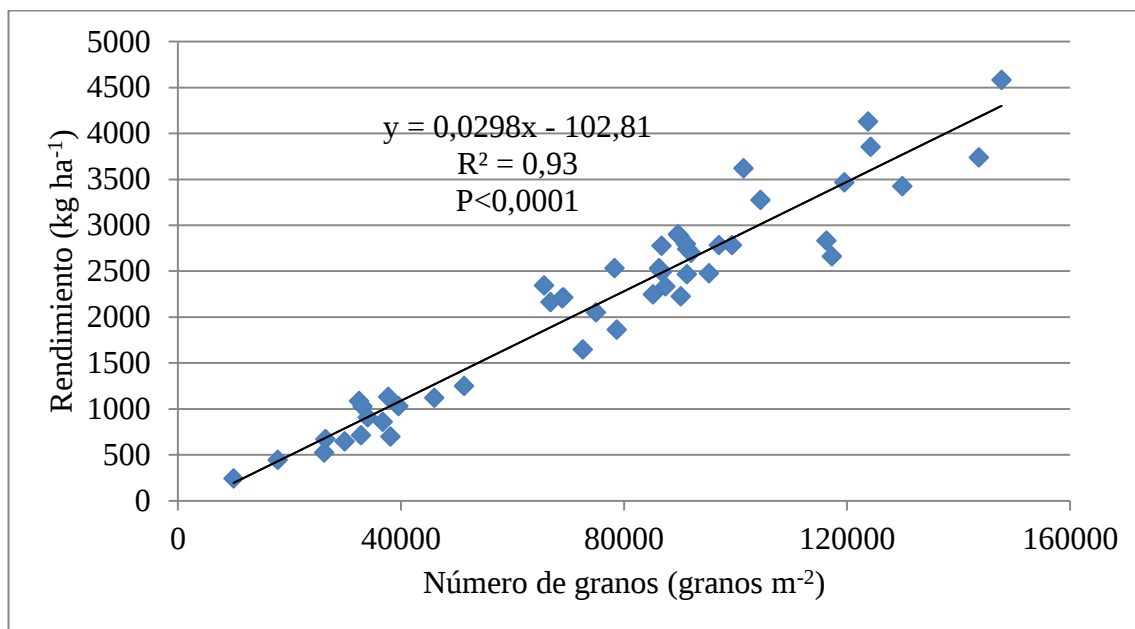


Figura 15. Rendimiento en función del número de granos.

El número de granos varía en función de la fecha de siembra aunque de manera independiente para cada material (figura 16).

En siembras de abril el número de granos es alto para todos los materiales. En siembras de mayo, si bien algunos materiales reducen el número de granos en relación a la siembra de abril, esta no es una reducción significativa.

En el caso de la fecha de junio se observan diferentes escenarios, por un lado algunos materiales incrementan el número de granos por metro cuadrado, mientras que otros lo reducen. Es resaltable la importante caída en el número de granos que presenta el material invernal. También se destaca el comportamiento del material Hyola 575 CL, el cual aumenta de manera considerable el número de granos.

En agosto todos los materiales presentan un muy bajo número de granos por metro cuadrado limitando de manera considerable el rendimiento alcanzable.

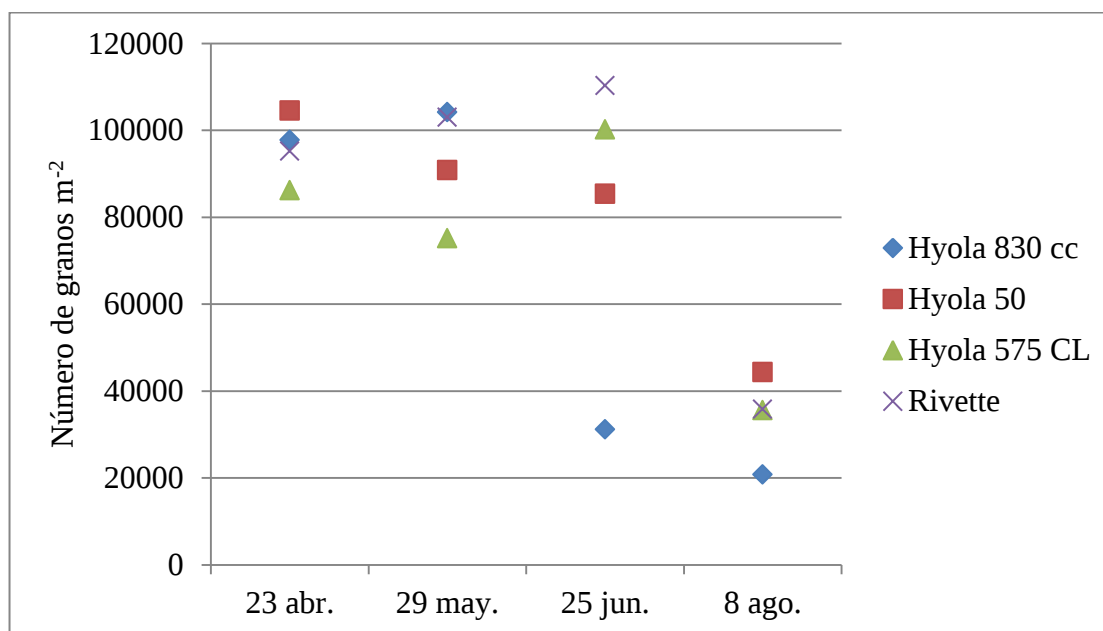


Figura 16. Número de granos. m^{-2} en función de la fecha de siembra para cada material.

4.7.2. Número de silicuas

No existe una clara correlación entre el rendimiento y el número de silicuas ($R^2=0,37$) (figura 17). Un claro ejemplo es el que se observa cuando se tienen 4000 o 5000 silicuas, en donde los rendimientos varían entre los 1000 kg ha^{-1} y los 4000 kg ha^{-1} .

De todas formas se puede observar que los rendimientos más bajos coinciden todos con un número muy bajo de silicuas.

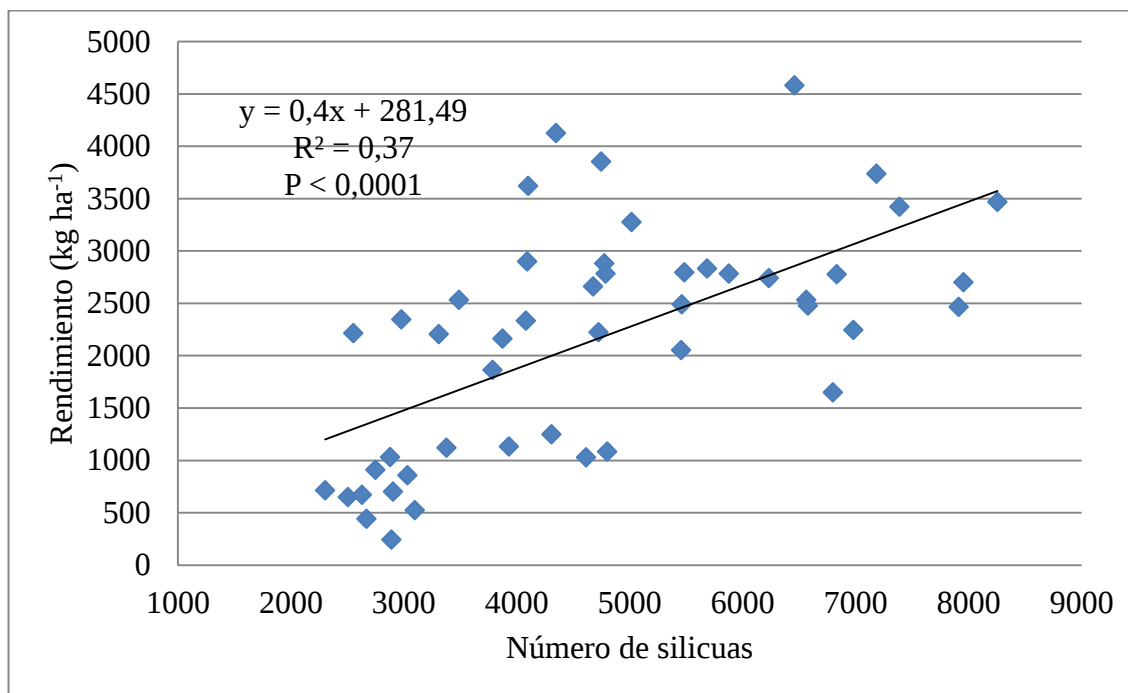


Figura 17. Rendimiento en función del número de silicuas.

4.7.3. Peso de mil granos

En líneas generales se puede observar que los altos rendimientos no parecen estar del todo relacionados con elevados pesos de mil granos ($R^2=0,30$). Esta variable por sí sola no permite explicar las variaciones en el rendimiento, encontrando casos en los que si bien el peso de grano es alto no ocurre lo mismo con el rendimiento, así como también casos en los que con un peso de mil granos de 2,5 gr. se obtienen rendimientos similares que con un peso de mil granos superior a 3 gr.

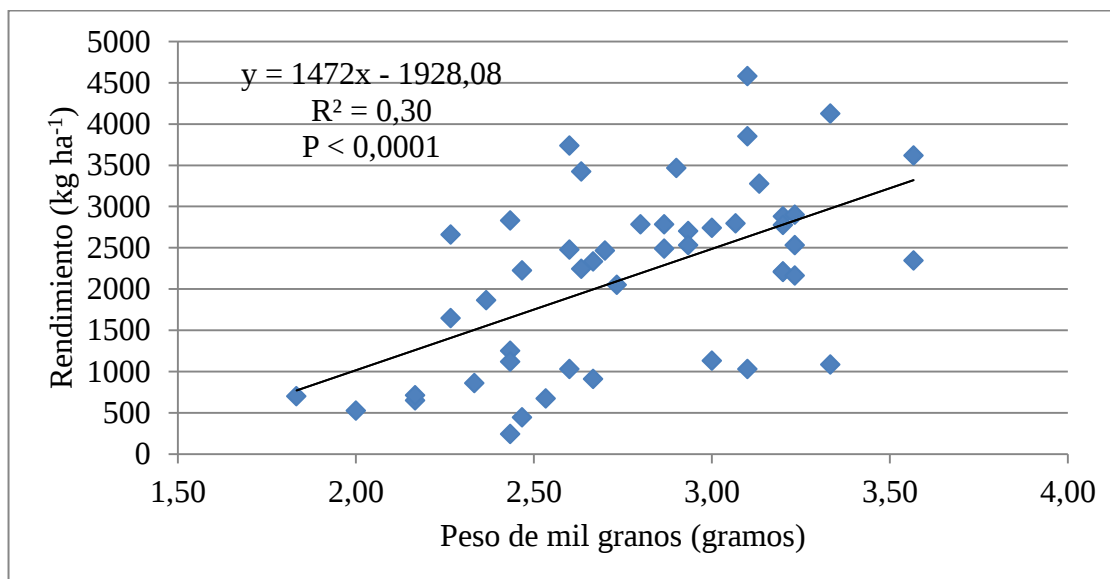


Figura 18. Rendimiento en función del peso de mil granos.

Los mayores pesos de grano se obtienen en la época de siembra de mayo para todas las variedades. A medida que se retrasa la siembra a partir de la época de mayo los máximos pesos de grano son menores lo cual puede ser una de las causantes de que los rendimientos sean inferiores.

Es razonable que el peso de grano sea menor a medida que se siembra más tarde porque el período de llenado de grano se expone a condiciones ambientales menos favorables, mayor temperatura principalmente, las cuales repercuten negativamente en la duración del período de llenado de grano. Esto queda reflejado en trabajos como el de Thurling (1974), Stone (1994) los cuales evaluaron el efecto del retraso en la fecha de siembra sobre los componentes del rendimiento y las altas temperaturas durante el llenado de grano.

Para el caso particular del cultivar Hyola 575 CL el peso de grano no parece verse afectado de manera considerable por la fecha de siembra, manteniéndose siempre en el entorno de los 3 gramos cada 1000 granos.

El cultivar invernal para todas las fechas de siembra presenta los valores de peso de mil granos más bajos, lo cual puede estar vinculado con el largo del ciclo y las condiciones ambientales durante el período de llenado o directamente a características del genotipo.

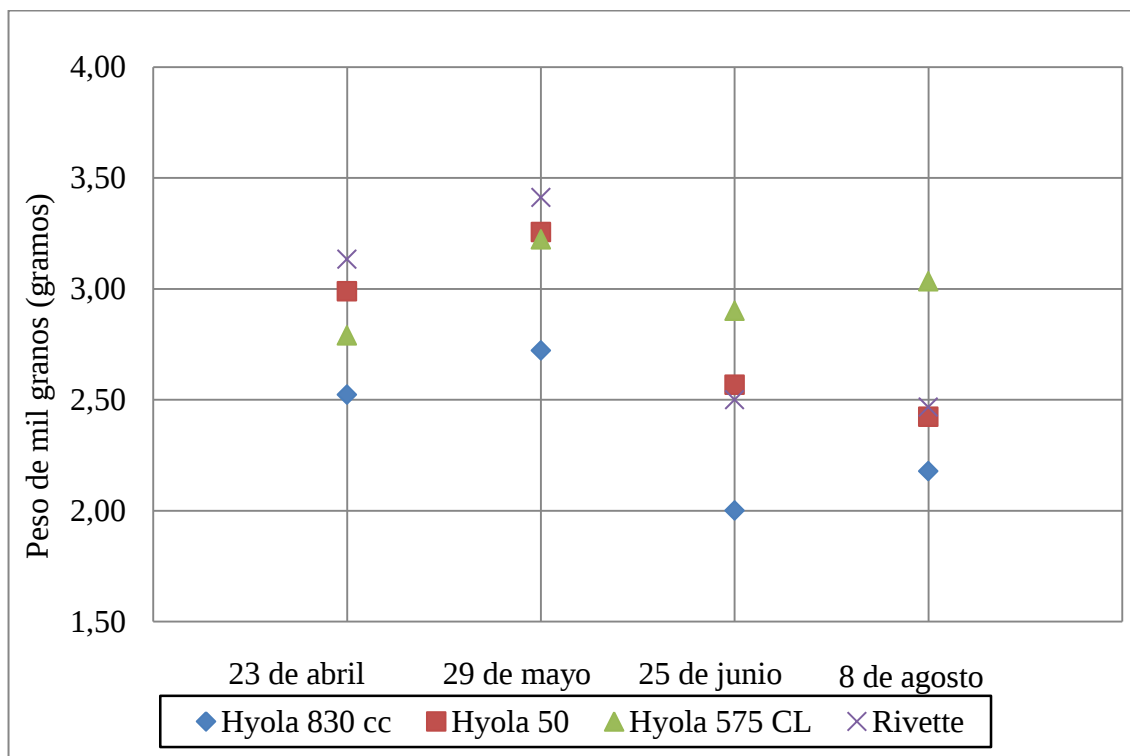


Figura 19. Peso de mil granos en función de la fecha de siembra.

4.7.4. Relaciones entre componentes del rendimiento

4.7.4.1. Relación entre el número de granos y el peso de los mismos

No existe correlación entre el número de granos y el peso de mil granos ($R^2=0,12$).

Si bien existen casos en donde el número de granos por metro cuadrado es bajo y el peso de los mismos es alto, lo cual de alguna manera podría estar compensando el rendimiento, también existen casos en los que con un bajo número de granos el peso también es bajo. Lo mismo ocurre cuando el número de granos es alto.

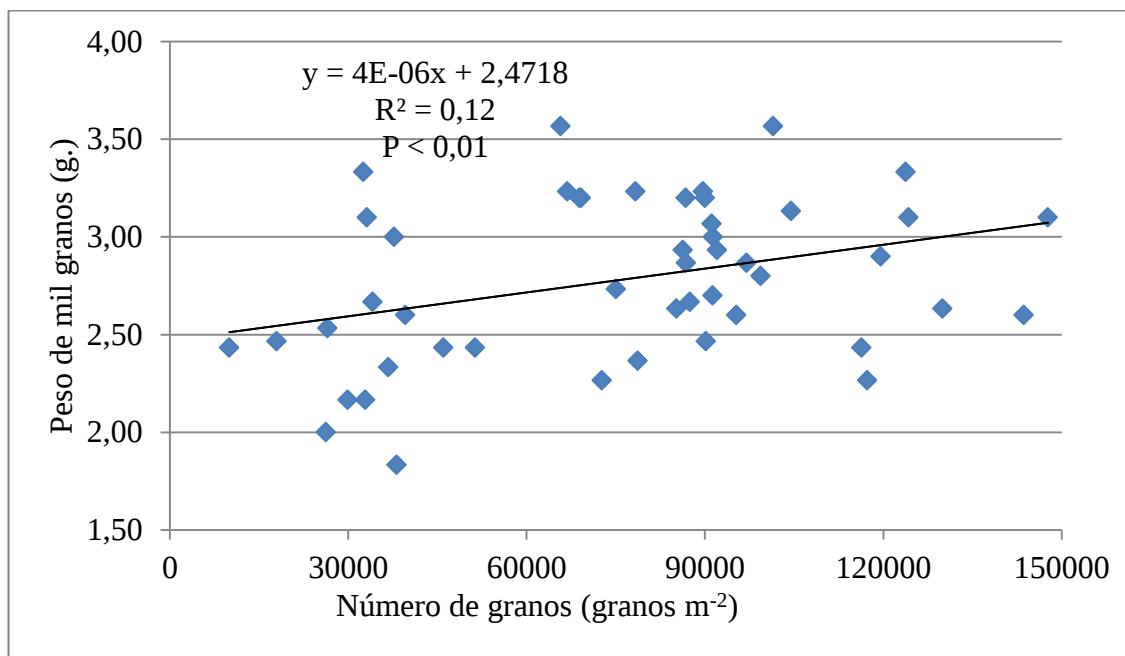


Figura 20. Peso de mil granos en función del número de granos.

4.7.4.2. Relación entre el número de granos y el número de silicuas

En la figura 22 se puede observar que existe cierta tendencia a presentar mayor número de granos cuando el número de silicuas es mayor.

Sin embargo existen casos en que si bien el número de silicuas es bajo el número de granos no lo es tanto. Esto podrá deberse a que las silicuas sean más grandes y tengan mayor número de granos por silicua.

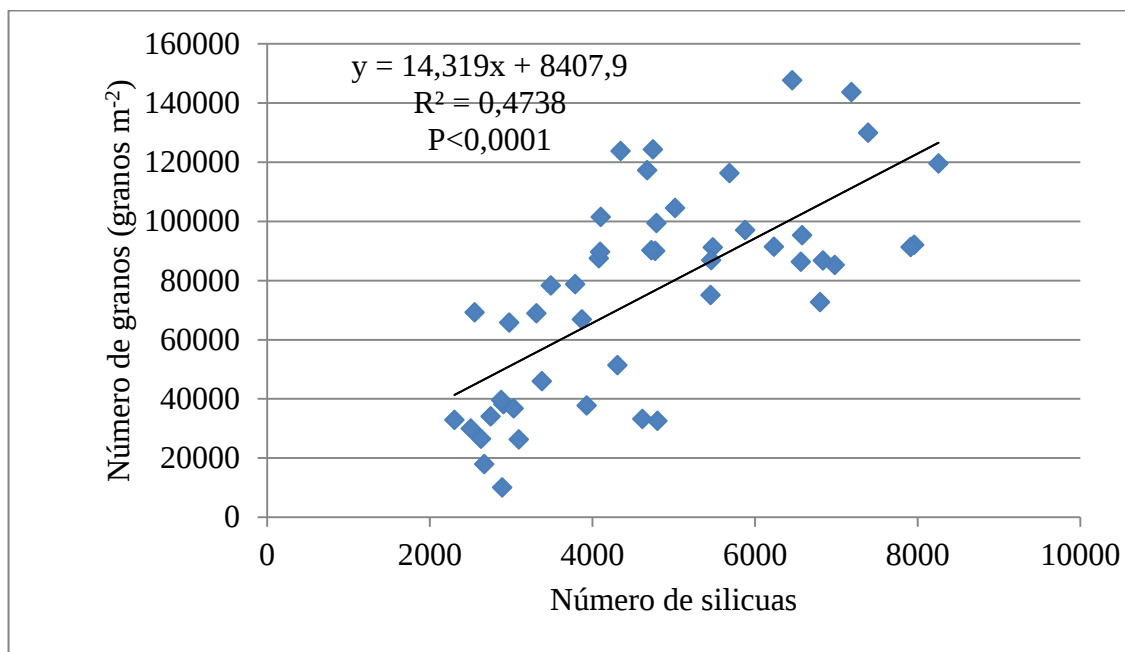


Figura 21. Número de silicuas en función del número de granos.

4.8. CONTENIDO DE MATERIA GRASA EN GRANO

El análisis de toda la base de datos indica que la época de siembra fue un factor determinante del porcentaje de aceite en grano ($P < 0,0001$). A su vez se encontraron diferencias entre materiales en el porcentaje de aceite en grano ($P < 0,0001$) y se comprobó la existencia de la interacción entre la época de siembra y el material utilizado ($P < 0,0004$).

4.8.1. Análisis entre épocas

Como se mencionó anteriormente se observaron diferencias significativas en el porcentaje de aceite al variar la fecha de siembra. La fecha de siembra del 29 de mayo fue estadísticamente superior y diferente al resto seguida por la fecha de siembra del 23 de abril la cual fue estadísticamente superior y diferente a las fechas del 25 de junio y 8 de agosto. Esta última resultó ser la fecha de siembra en la que menor porcentaje de aceite se obtuvo.

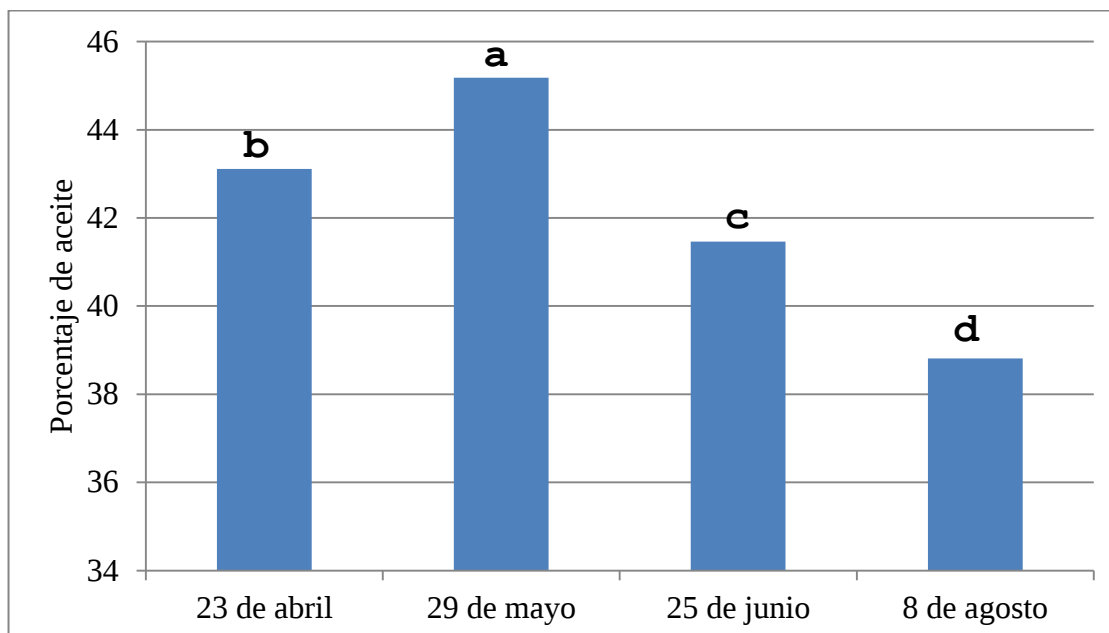


Figura 22. Porcentaje de aceite según época de siembra.

4.8.2. Efecto del material en el contenido de aceite en grano

El material utilizado resultó ser determinante en el porcentaje de aceite que presentaban los granos. Los mejores valores se obtuvieron con los materiales Hyola 50 y Rivette, los cuales no se diferencian estadísticamente entre sí y son superiores a los materiales Hyola 575 CL y Hyola 830 CC. El material Hyola 575 CL resultó ser superior al material invernal Hyola 830 CC.

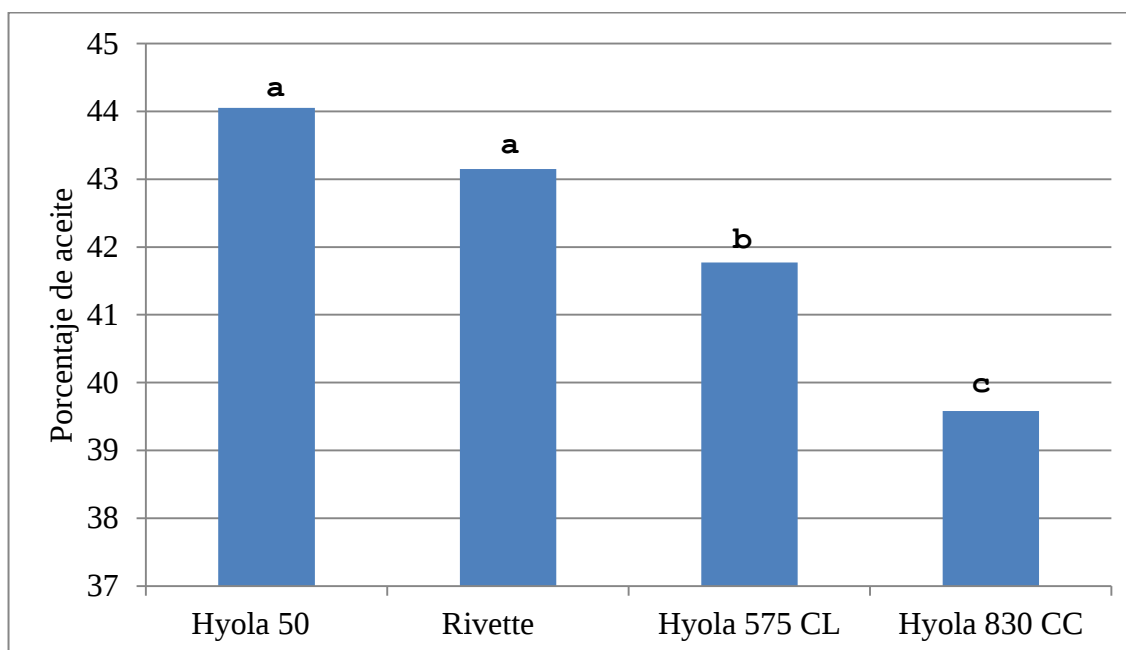


Figura 23. Efecto del material sobre el porcentaje de aceite en grano.

4.8.3. Análisis de la interacción época*material

Como puede observarse en la figura 24 existe una interacción entre el material y la época de siembra en lo que respecta al aumento del porcentaje de aceite en grano. El mejor resultado se obtuvo cuando se sembró el material Hyola 50 en la época 2 (correspondiente al 29 de mayo). Existen diferentes combinaciones de época de siembra y material que logran porcentajes de aceite en grano similares pero siempre inferiores estadísticamente. Independientemente del material considerado, en la época 4 (correspondiente al 8 de agosto) los porcentajes de aceite en grano son muy bajos, no superando en ningún caso el cuarenta por ciento.

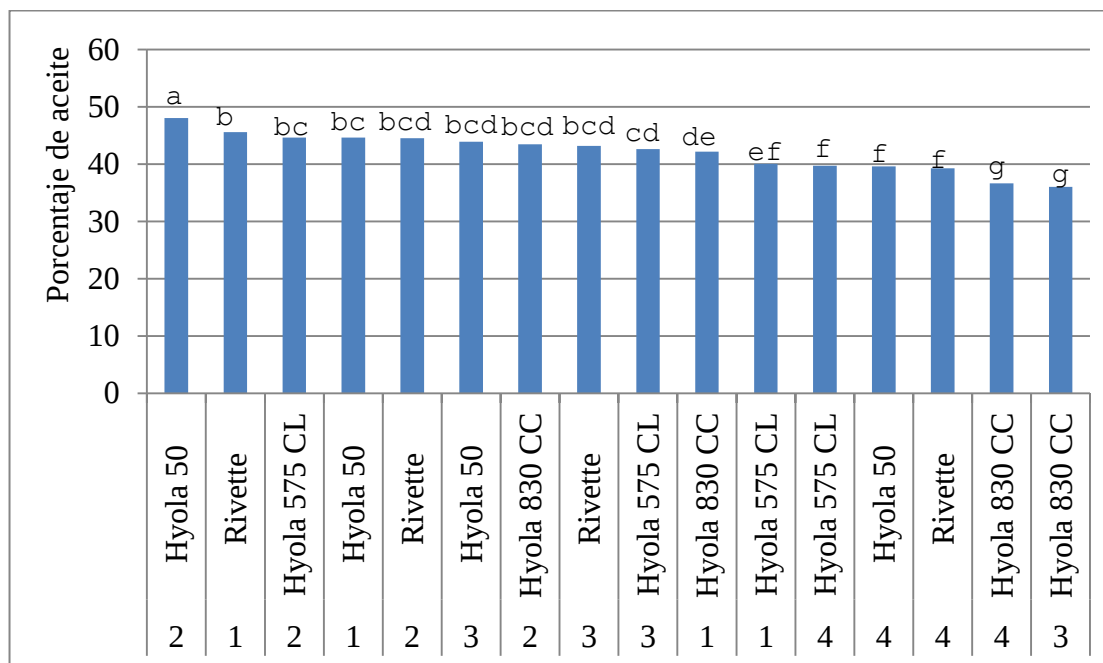


Figura 24. Efecto de la interacción época*material sobre el porcentaje de aceite en grano.

4.8.4. Análisis intra época

Al analizar los resultados dentro de cada época, se observa que para las épocas 1 y 2 (correspondientes al 23 de abril y 29 de mayo respectivamente) todos los materiales presentaron porcentajes de aceite similares, no encontrándose diferencias significativas entre los mismos. Para la época 3 (25 de junio) la situación es diferente, por un lado, los materiales primaverales no difieren estadísticamente entre sí en su contenido de aceite, siendo prácticamente iguales. Por otro lado, el material invernal reduce de manera considerable su porcentaje de aceite, siendo este significativamente menor al del resto de los materiales. En la época 4 (8 de agosto) la situación es la misma, los materiales primaverales descienden de manera homogénea su porcentaje de aceite a valores cercanos al 39 por ciento, no diferenciándose estadísticamente mientras que el material invernal se mantiene en torno a 36 por ciento de aceite permaneciendo estadísticamente por debajo de los materiales primaverales.

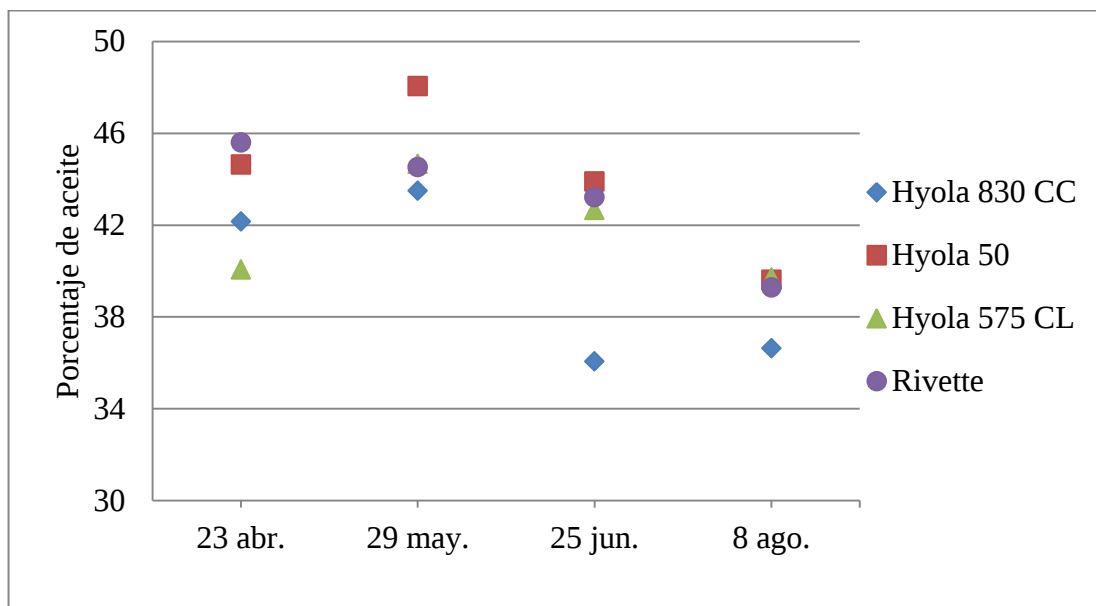


Figura 25. Evolución del porcentaje de aceite en grano para cada material en función de la época de siembra.

4.8.5. Rendimiento en aceite

La evolución del contenido de aceite de los materiales, al variar la época de siembra, fue diferente para cada caso. En todos los materiales se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de aceite al variar la fecha de siembra. En general, la época de siembra del 29 de mayo se asoció con los mayores porcentajes de aceite, mientras que la época del 8 de agosto con los menores. Dependiendo del material considerado, las épocas del 23 de abril y 25 de junio, fueron iguales o inferiores a los porcentajes de aceite obtenidos en la época del 29 de mayo.

En líneas generales, se puede observar que cuando baja el rendimiento el porcentaje de aceite se reduce. Por otro lado, se observan casos como el de Hyola 575 CL, en que el rendimiento no difiere en las primeras tres épocas pero el contenido de aceite presenta diferencias significativas entre ellas, lo cual indica que el rendimiento no siempre está del todo relacionado con el contenido de aceite pudiendo haber otros factores que influyan en el mismo.

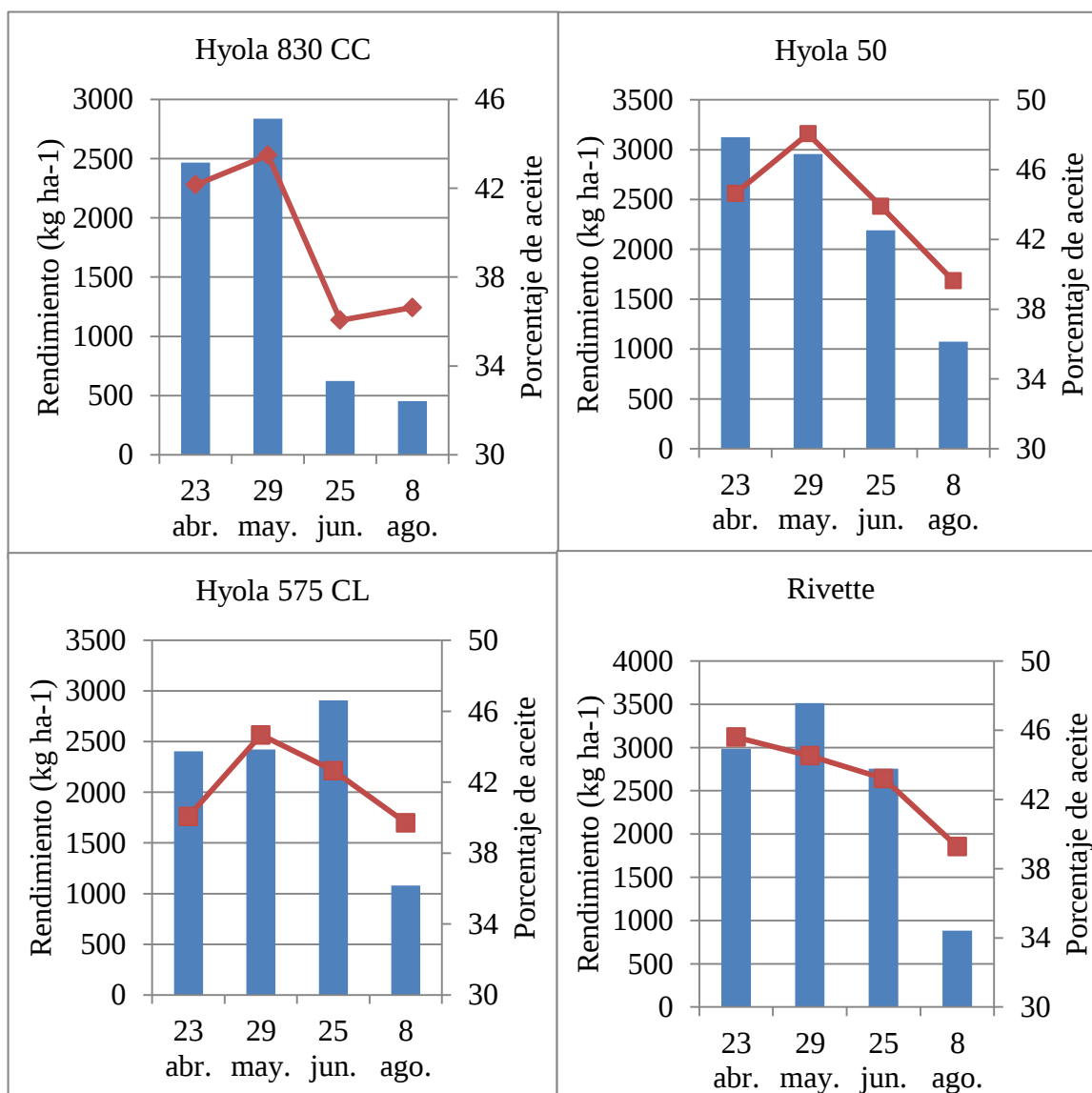


Figura 26. Evolución del rendimiento y del contenido de aceite para cada material en función de la fecha de siembra.

Cuadro 4. Fechas de siembra en las que el contenido de aceite es máximo para cada material.

Material	Fecha de siembra			
	23 de abril	29 de mayo	25 de junio	8 de agosto
Hyola 50	44,63 b	48,50 a	43,90 b	39,62 c
Hyola 575 CL	40,06 b	44,66 a	42,65 a	39,71 b
Hyola 830 CC	42,16 a	43,49 a	36,06 b	36,63 b
Rivette	45,60 a	44,52 a	43,21 a	39,28 b

Letras diferentes señalan diferencias dentro de la fila.

5. CONCLUSIONES

En primer lugar la conclusión más relevante que se puede sacar de este trabajo es que existe una interacción entre la fecha de siembra y el rendimiento de los diferentes materiales.

Si se consideran los rendimientos de los cuatro materiales en conjunto, las siembras del 23 de abril y 29 de mayo fueron las que maximizaron los mismos. Con respecto a la siembra del 25 de junio, los materiales primaverales tuvieron rendimientos similares a los obtenidos en las dos siembras anteriores, por otro lado, el material invernal redujo de manera drástica su rendimiento lo cual determinó que el promedio de la época fuera significativamente menor comparado con el de las siembras anteriores. Considerando lo mencionado anteriormente si excluyéramos al material invernal podríamos incluir la siembra del 25 de junio dentro de las cuales maximizan el rendimiento. Si consideramos la siembra del 8 de agosto, los rendimientos son muy bajos independientemente del material utilizado, por lo que no sería recomendable realizar siembras tan tardías.

En lo que respecta al comportamiento de los materiales primaverales en siembras de abril, mayo y junio tienen rendimientos que no difieren estadísticamente mientras que en la siembra de agosto los mismos decaen considerablemente siendo estadísticamente inferiores.

Para el caso del material invernal, las fechas de siembra de abril y mayo generan rendimientos similares a los primaverales pero que decaen en las fechas de junio y agosto.

Si se considera el efecto de la fecha de siembra en la fenología, se puede concluir que a medida que se retrasa la fecha de siembra, para los materiales primaverales, se reducen los días a floración y la duración total del ciclo, cosa que no ocurre en el caso del material invernal.

Otro efecto de la modificación de la fecha de siembra es el cambio en la fecha de floración. A medida que se retrasa la fecha de siembra, el inicio de la floración se va postergando. Esto podría tener un efecto positivo en algunos casos y negativo en otros, por un lado en fechas de siembra tempranas, tratándose de materiales primaverales, una floración prematura podría conllevar un alto riesgo de daño por heladas durante la misma, por lo que un retraso de en la fecha de inicio de la floración a través de una siembra un poco más tardía podría reducir este riesgo, mientras que una siembra muy tardía podría implicar que la floración se dé muy tarde en el año y por lo tanto el llenado de granos se de en condiciones de temperatura sub óptimas.

Una posible alternativa para evitar el riesgo de daño por heladas en siembras tempranas es recurrir a la utilización de materiales invernales, los cuales rinden de manera similar a los primaverales pero ubican la floración en una época menos riesgosa en relación a las heladas.

No parecería recomendable sembrar estos materiales después de fines de mayo porque es probable que no logre una buena acumulación de horas de frío y por lo tanto, la floración se dé de manera muy tardía o que ni siquiera se manifieste.

Existe una considerable interacción entre el número de granos y el rendimiento ($R^2=0,93$) lo cual demuestra que el mismo depende en gran medida del número de granos obtenidos. En las tres primeras fechas de siembra el número de granos fluctúa de manera diferencial para cada material. Pero en líneas generales para los tres materiales primaverales se mantiene en valores similares, mientras que para el material invernal en las dos primeras fechas se comporta similar a los primaverales y en la tercera ya reduce significativamente el número de granos. En la última siembra el número de granos es muy bajo independientemente del material considerado, lo cual demuestra la importante asociación entre este factor y el rendimiento.

Otros componentes del rendimiento como el número de silicuas y el peso de mil granos presentan un menor grado de asociación con el rendimiento ($R^2=0,37$ y $R^2=0,3$ respectivamente).

En relación al peso de mil granos se observa que los mayores pesos se obtienen en la fecha de siembra del 29 de mayo y a medida que se retrasa la fecha de siembra los mismos decaen pudiendo tener cierta influencia en la caída del rendimiento observada sobre todo en la siembra de agosto, a pesar de que su grado de asociación con el número de granos no es muy importante ($R^2=0,3$).

La época de siembra fue un factor determinante del porcentaje de aceite en grano.

La época de siembra del 29 de mayo fue en la que en promedio se obtuvieron los mayores porcentajes de aceite en grano.

El material utilizado incide de manera significativa en el contenido de aceite, en este sentido, los materiales Hyola 50 y Rivette fueron los que presentaron mayores porcentajes de aceite en grano.

Existe interacción entre la época de siembra y el material utilizado. Se encontró que el material Hyola 50 sembrado el 29 de mayo obtuvo los mayores porcentajes de aceite en grano en relación al resto de las combinaciones de época de siembra por material.

No se encontraron diferencias significativas entre los materiales dentro de las épocas de siembra del 23 de abril y 29 de mayo. Tanto en la fecha de siembra del 25 de junio como del 8 de agosto los materiales primaverales presentaron contenidos de aceite superiores a los del material invernal. Este último reduce de manera drástica su contenido de aceite acompañando el descenso en rendimiento como se observara anteriormente.

La evolución del contenido de aceite al modificar la fecha de siembra es diferente para cada material. Sin embargo, en líneas generales la fecha de siembra del 29 de mayo independientemente del material considerado siempre presenta los mayores porcentajes de aceite en grano y la del 8 de agosto los menores.

6. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la fecha de siembra en el rendimiento y la calidad en el cultivo de colza (*Brassica napus L.*), se sembraron cuatro materiales en cuatro fechas contrastantes. Los ensayos se llevaron a cabo en la estación experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú, Uruguay). Se utilizaron tres materiales de tipo primaveral (Hyola 50, Hyola, 575 CL y Rivette) y uno de tipo invernal (Hyola 830 CC). Las épocas de siembra correspondieron al 23 de abril, 29 de mayo, 25 de junio y 8 de agosto. El diseño del experimento consistió en un modelo factorial, el cual presentó dos factores que fueron la fecha de siembra y la variedad y cuatro niveles de cada factor (las cuatro fechas de siembra y los cuatro materiales). Los resultados del experimento demostraron un efecto significativo de la fecha de siembra en el rendimiento que se manifestó de manera diferencial para cada material, pero con algunos puntos en común. Para los cuatro materiales evaluados las fechas de siembra del 23 de abril y del 29 mayo maximizaron los rendimientos, la fecha de siembra del 25 de junio implicó rendimientos similares a los de las fechas anteriores para los primaverales, pero muy inferiores para el material de tipo invernal. La fecha de siembra del 8 de agosto determinó rendimientos muy bajos para los cuatro materiales. El número de granos fue el componente que presentó mayor asociación con el rendimiento ($R^2=0,93$). La fecha de siembra también tuvo un efecto significativo en el contenido de aceite en grano. Los máximos contenidos de aceite se obtuvieron en la fecha de siembra del 29 de mayo. Los materiales que presentaron los mayores contenidos de aceite en grano, promedio de las cuatro épocas, fueron Hyola 50 (44,05) y Rivette (43,13).

Palabras clave: Rendimiento; Calidad; Fecha de siembra; Colza; Cultivos primaverales; Cultivos invernales; Contenido de aceite.

7. SUMMARY

In order to evaluate the effect of planting date on yield and quality in rapeseed (*Brassica napus* L.), four materials were planted in four contrasting dates. The experiment took place at the experimental station Mario A. Cassinoni (Paysandú, Uruguay). Three spring type materials (Hyola 50, Hyola 575 CL and Rivette) and one winter type (Hyola 830 CC) were used. The planting dates corresponded to April 23rd., May 29th., June 25th. and August 8th. The experimental design consisted on a factorial model, with two factors which were planting date and variety and four levels of each factor (the four planting dates and the four materials). The results of the experiment showed a significant effect of planting date in yield performance which was manifested differentially for each material but with some common points. For the four materials evaluated the planting dates of April 23rd. and May 29th. maximized yields. In the planting date of June 25th. the spring materials showed similar yields than in the previous planting dates. However, the winter material reduces significantly its performance. The planting date of August 8th. determined very low yields for the four materials. The number of grains was the component which presented the highest association with yield ($R^2=0.93$). The planting date also had a significant effect on the oil content in grain. The maximum oil contents were obtained in the planting date of May 29th. The materials that obtained the highest oil contents in grain, average of the four planting dates, were Hyola 50 (44.05) and Rivette (43.13).

Key words: Grain yield; Grain quality; Sowing date; Rapeseed; Spring crops; Winter crops; Oil content.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adamsen, F. J.; Coffelt, T. A. 2004. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*. 21: 293-307.
2. Agosti, M. B. 2011. Fertilización nitrógeno azufrada y variabilidad genotípica en el rendimiento y la calidad de grano en colza canola (*Brassica napus L.*). Tesis Magister. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 130 p.
3. Aksouh, N. M.; Jacobs, B. C.; Stoddard, F. L.; Mailer, R. J. 2001. Response of canola to different heat stresses. *Crop and Pasture Science*. 52(8): 817-824.
4. Angadi, S. V.; Cutforth, H. W.; Miller, P. R.; McConkey, B. G.; Entz, M. H.; Brandt, S. A.; Volkmar, K. M. 2000. Response of three *Brassica* species to high temperature stress during reproductive growth. *Canadian Journal of Plant Science*. 80(4): 693-701.
5. Asghari, A.; Mohammadi, S.; Moghaddam, M.; Toorchi, M.; Mohammadinasab, A. 2008. Analysis of quantitative trait loci associated with freezing tolerance in rapeseed (*Brassica napus, L.*). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 22(1): 548-552.
6. Canvin, D. 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. *Canadian Journal of Botany*. 43(1): 63-69.
7. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. (en línea). Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193). Consultado 21 oct. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Caracterización-agroclimática/Publicación>
8. Champolivier, L.; Merrien A. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus L.* var. Oleifera on yield, yield components and seed quality. *European Journal of Agronomy*. 5(3):153-160.
9. Coll, L.; Larrosa, L. 2010. Efecto de la fecha de siembra y el ciclo sobre el rendimiento de colza. Paraná, Entre Ríos, INTA. 5 p.
10. _____. 2012. Ciclo, densidad y fecha de siembra de colza en relación con el rendimiento. Paraná, Entre Ríos, INTA. 5 p.

11. _____. 2013. Las últimas heladas y su efecto en el cultivo de Colza. Paraná, Entre Ríos, INTA. 5 p.
12. Cowley, R. B.; Luckett, D. J.; Zeleke, K. T. 2014. Response of canola (*Brassica napus* L.) and mustard (*B. Juncea* L.) to different watering regimes. *Experimental Agriculture*. 50(4): 573-590.
13. Dalmago, G. A.; Cunha, G. R.; Santi, A.; Pires, J. L.; Müller, A.; Bolis, L. M. 2010. Aclimação ao frio e dano por geada em canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 45(9):933-943.
14. Degenhardt, D.; Kondra, Z. 1981. The influence of seeding date and seeding rate on seed yield and yield components of five genotypes of *Brassica napus*. *Canadian Journal of Plant Science*. 61(2):175-183.
15. Diepenbrock, W.; Grosse, F.; Leon, J.; Becker, H. C. 1995. Rapeseed (*Brassica napus* L.) physiology and genetics. *Advances in Plant Breeding*. 17: 21-53.
16. _____. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.); a review. *Fields Crops Research*. 67(1): 35-49.
17. Fochesatto, E.; Nied, A. H.; Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Da Cunha, G. R.; De Gouvêa, J. A.; Kovaleski, S.; Santi, A.; Ambrósio dos Santos, M. 2014. Influência de variáveis ambientais no acúmulo de graus dia em canola. In: *Simpósio Latinoamericano de Canola (1º, 2014, Passo Fundo, RS, Brasil)*. Actas. Brasília, Brasil, EMBRAPA. s.p.
18. Gabrielle, B.; Denoroy, P.; Gosse, G.; Justes, E.; Andresen, M. 1998. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape. *Fields Crops Research*. 57(2):209-222.
19. Gómez, N. A. 2007. Colza-canola como alternativa para producir biocombustibles; fortalezas y debilidades. In: Vilella, F.; Rosatto, H.; Senesi, S. eds. *Bioenergía; avances y perspectivas*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad Agronomía. pp. 39-55.
20. Gusta, L.; Wisniewski, M.; Nesbitt, N.; Gusta, M. 2004. The effect of water, sugars and proteins on the pattern of ice nucleation and propagation in acclimated and nonacclimated canola leaves. *Plant Physiology*. 135(3):1642-1653.
21. Habekotté, B. 1997a. A model of the phenological development of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*. 54(2): 127-136.

22. _____. 1997b. Options for increasing seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.); a simulation study. *Field Crops Research*. 54(2): 109-126.
23. Hawkins, G.; Deng, Z.; Kubik, T.; Johnson-Flanagan, A. 2002. Characterization of freezing tolerance and vernalization in Vern-, a spring-type *Brassica napus* line derived from a winter cross. *Planta*. 216(2): 220-226.
24. Hocking, P.; Stapper, M.; Bamforth, I. 1991. Effects of time of sowing on yield and critical nitrogen concentrations in canola. In: Australian Research Assembly on Brassicas (8th., 1991, Horsham, Victoria). Proceedings. Victoria, The Assembly. pp. 56-62.
25. _____.; _____. 1993. Effects of sowing time and nitrogen fertilizer rate on the growth, yield and nitrogen accumulation of canola, mustard and wheat. In: Australian Research Assembly on Brassicas (9th., 1993, Wagga Wagga, New South Wales). Proceedings. South Perth, WA, Western Australia Department of Agriculture. pp. 33-46.
26. _____.; _____. 2001. Effects of sowing time and nitrogen fertiliser on canola and wheat, and nitrogen fertiliser on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Crop and Pasture Science*. 52(6): 623-634.
27. Iriarte, L. B. 2005. Evaluación cultivares comerciales de colza en distintas fechas de siembra. Tres Arroyos, Buenos Aires, INTA. 6 p.
28. _____. 2006. Evaluación cultivares campaña 2006. Tres Arroyos, Buenos Aires, INTA. 8 p.
29. _____. 2014. Cultivo de colza; fecha de siembra, densidad y distancia entre surcos. Buenos Aires, Argentina. INTA. 6 p.
30. Izquierdo, N.; Aguirrezábal, L.; Andrade, F.; Geroudet, C.; Iraola, M.; Valentinuz, O. 2009. Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. *Field Crops Research*. 114(1): 66-74.
31. JinLing, M. 1997. Pollen selection for cold resistance at flowering time in *Brassica napus*. *Cruciferae Newsletter*. 19:85-86.
32. Johnson-Flanagan, A.; Huiwen, Z.; Geng, X.; Brown, D.; Nykiforuk, C.; Singh, J. 1992. Frost, abscisic acid, and desiccation hasten embryo development in *Brassica napus*. *Plant Physiology*. 99(2):700-706.

33. Johnston, A. M.; Tanaka, D. L.; Miller, P. R.; Brandt, S. A.; Nielsen, D. C.; Lafond, G. P.; Riveland, N. R. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 94(2): 231-240.
34. Krüger, C. A. M. B.; Silva, J. D.; Medeiros, S. L. P.; Dalmago, G. A.; Sartori, C. O.; Schiavo, J. 2011. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46: 1448-1453.
35. Lardon, A.; Triboi-Blondel, A. 1995. Cold and freeze stress at flowering. Effects on seed yield in winter rapeseed. *Field Crops Research*. 44(2): 95-101.
36. Larrosa, L. 2009. Efecto de la fecha de siembra sobre los componentes del rendimiento en cultivares de colza. Tesis Ingeniero en Producción Agropecuaria. Entre Ríos, Argentina. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 59 p.
37. McClinchey, S.; Kott, L. 2008. Production of mutants with high cold tolerance in spring canola (*Brassica napus*). *Euphytica*. 162(1): 51-67.
38. McGregor, D. I. 1981. Pattern of flower and pod development in rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*. 61:275- 282.
39. Mendham, N. J.; Shipway, P. A.; Scott, R. K. 1981. The effect of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agriculture Science*. 96(2):389-416.
40. _____.; Russell, J.; Jarosz, N. 1990. Response of sowing time of three contrasting australian cultivars of oil seed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agriculture Science*. 114: 275-283.
41. Mingeau, M. 1974. Comportement du colza e printemps a la sécheresse. *Informations Techniques*. 36: 1-11.
42. Morrison, M. J. 1993. Heat stress during reproduction in summer rape. *Canadian Journal of Botany*. 71(2): 303-308.
43. _____.; Stewart, D. W. 2002. Heat stress during flowering in summer *Brassica*. *Crop Science*. 42(3): 797-803.37.

44. Murphy, L.; Scarth, R. 1991. Vernalization response of spring canola (*Brassica napus* L.) In: International Rapeseed Congress (8th, 1991, Saskatoon, Saskatchewan, Canada). Proceedings. Winnipeg, Manitoba, Canadá, University of Manitoba. pp.1764-1768.
45. Nanda, R.; Bhargava, S. C.; Tomar, D. P. S.; Rawson, H. M. 1996. Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* and *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing dates in the field. *Field Crops Research*. 46(1): 93-103.
46. Peltonen-Sainio, P.; Jauhiainen, L. 2008. Association of growth dynamics, yield components and seed quality in long-term trials covering rapeseed cultivation history at high latitudes. *Field Crops Research*. 108(1): 101-108.
47. Pritchard, F. M.; Eagles, H. A.; Norton, R. M.; Salisbury, P. A.; Nicolas, M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Animal Production Science*. 40(5): 679-685.
48. Rao, M. S. S.; Mendham, N. J. 1991. Comparison of chinoli (*Brassica campestris* subsp. *Oleifera* × subsp. *Chinensis*) and *B. napus* oilseed rape using different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments. *The Journal of Agricultural Science*. 117(02): 177-187.42.
49. Rapacz, M. 1999. Frost resistance and cold acclimation abilities of spring-type oilseed rape. *Plant Science*. 147(1): 55-64.
50. Richard, R. A.; Turling, N. 1978. Variation between and with species of rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*) in response to drought stress. II. Growth and development under natural growth stress. *Australian Journal of Research*. 29: 479-490.
51. Rife, C. L.; Zeinali, H. 2003. Cold tolerance in oilseed rape over varying climation durations. *Crop Science*. 43(1): 96-100.
52. Roblin, M.; Triboi, A. M. 1984. Assimilation nette d'une culture de colza d'hiver au cours du cycle de vegetation sous l'influence de l'environnement climatique de la densite du peuplement et de la fertilisation azotee. In: Congres

International sur le Colza (6ème., 1983, Paris, France). Travaux présenté.
Paris, France, Groupe Consultatif International de Recherche sur le Colza.
pp. 98-103.

53. Robertson, M. J.; Holland, J. F.; Cawley, S.; Potter, T. D.; Burton, W.; Walton, G. H.; Thomas, G. 2002. Growth and yield differences between triazine-tolerant and non-triazine-tolerant cultivars of canola. *Crop and Pasture Science*. 53(6): 643-651.
54. _____.; _____.; Bambach, R. 2004. Response of canola and indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. *Animal Production Science*. 44(1): 43-52.
55. Scarisbrick, D. H.; Daniels, R. W.; Alcock, M. 1981. The effect of sowing date on the yield and yield components of spring oil-seed rape. *The Journal of Agricultural Science*. 97(01): 189-195.
56. Sharkey, T. D.; Schrader, S. M. 2006. High temperature stress. In: Madhava Rao, K.V.; Raghavendra, A. S.; Janardhan Reddy, K. eds. *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants*. Dordrecht, The Netherlands, Springer. pp. 101-129.
57. Schwab, M. I. 2010. Comportamiento agronómico de colza según fechas de siembra. Tesis Ingeniero en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. 48 p.
58. Si, P.; Walton, G. H. 2004. Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of Western Australia. *Crop and Pasture Science*. 55(3): 367-377.
59. Sidlauskas, G.; Bernotas, S. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus L.*). *Agronomy Research*. 1(2): 229-243.
60. Sierts, H. P.; Geisler, G.; Leon, J.; Diepenbrock, W. 1987. Stability of yield components from winter oil-seed rape (*Brassica napus L.*). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 158(2): 107-113.
61. Stavang, J. A.; Hansen, M.; Olsen, J. E. 2008. Short term temperature drops do not enhance cold tolerance. *Plant Growth Regulation*. 55(3): 199-206.

62. Stone, P. 2000. The effects of heat stress on cereal yield and quality. In: Basra, A. S.ed. Crop responses and adaptations to temperature stress. Binghamton, New York, Food Products Press. pp. 243-291.
63. Tasseva, G.; De Virville, J. D.; Cantrel, C.; Moreau, F.; Zachowski, A. 2004. Changes in the endoplasmic reticulum lipid properties in response to low temperature in *Brassica napus*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42(10): 811-822.
64. Tayo, T. O.; Morgan, D. G. 1975. Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oil seed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 85(01): 103-110.
65. _____.; _____. 1979. Factors influencing flower and pod development in oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 92(02): 363-373.
66. Thomas P. 2003. Canola growers manual. Winnipeg, Canadá, Canola Council of Canadá. s.p.
67. Thurling, N. 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). Yield components. *Crop and Pasture Science*. 25(5): 711-721.
68. _____.; Das, L. V. 1979. The relationship between pre-anthesis development and seed yield of spring rape (*Brassica napus* L.). *Crop and Pasture Science*. 31(1): 25-36.
69. Valetti, O. E.1996. El cultivo de colza canola. Buenos Aires, Argentina, Chacra Experimental Integrada Barrow. 17 p.
70. Werteker, M.; Lorenz, A.; Johannes, H.; Berghofer, E.; Findlay, C. S. 2010. Environmental and varietal influences on the fatty acid composition of rapeseed, soybeans and sunflowers. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 196(1): 20-27.
71. Yasari, E.; Patwardhan, A. M. 2006. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizers application. *Asian Journal of Plant Sciences*. 5(5): 745-752.
72. Zeleke, K. T.; Lockett, D. J.; Cowley, R. B. 2014. The influence of soil water conditions on canola yields and production in southern Australia. *Agricultural Water Management*. 144: 20-32.

9. ANEXOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde	48	0,83	0,72	26,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo.	45161348,57	18	2508963,81	7,64	<0,0001	
Bloque	153990,68	2	76995,34	0,23	0,7925	
Variedad	5903522,11	3	1967840,70	5,99	0,0026	
Época	30096768,83	3	10032256,28	30,55	<0,0001	
Población	353908,05	1	353908,05	1,08	0,3078	-7,29
Variedad*Época	8030592,44	9	892288,05	2,72	0,0198	
Error	9522411,41	29	328359,01			
Total	54683759,98	47				

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=478,45468

Error: 328359,0141 gl: 29

Época	Medias	n	E.E.
1	2852,35	12	195,12 A
2	2844,13	12	186,00 A
3	2064,45	12	173,83 B
4	909,15	12	169,08 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=478,45468

Error: 328359,0141 gl: 29

Variedad	Medias	n	E.E.
Rivette	2578,72	12	170,81 A
Hyola 50	2361,16	12	167,05 A
Hyola 575 CL	2209,51	12	165,52 A
Hyola 830 CC	1520,69	12	180,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=956,90936

Error: 328359,0141 gl: 29

Variedad	Época	Medias	n	E.E.	
Rivette	2	3394,71	3	350,22	A
Hyola 50	1	3296,80	3	370,20	A
Rivette	1	3107,18	3	351,69	AB
Hyola 575 CL	3	2896,79	3	330,97	ABC
Hyola 50	2	2859,60	3	343,88	ABC
Rivette	3	2825,26	3	337,24	ABC
Hyola 830 CC	2	2783,03	3	334,85	ABC
Hyola 830 CC	1	2542,55	3	338,68	ABC
Hyola 575 CL	1	2462,87	3	335,55	ABC
Hyola 575 CL	2	2339,18	3	340,32	BC
Hyola 50	3	2060,22	3	354,24	CD
Hyola 50	4	1228,02	3	362,18	DE
Hyola 575 CL	4	1139,20	3	335,55	DE
Rivette	4	987,73	3	345,78	E
Hyola 830 CC	3	475,54	3	360,42	E
Hyola 830 CC	4	281,66	3	369,29	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Rinde	12	0,45	0,00	21,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1770870,42	5	354174,08	0,99	0,4952	
Bloque	590004,17	2	295002,08	0,82	0,4835	
Variedad	1180866,25	3	393622,08	1,10	0,4201	
Error	2152520,50	6	358753,42			
Total	3923390,92	11				

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Rinde	12	0,36	0,00	31,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2932598,42	5	586519,68	0,69	0,6499
Bloque	1106988,17	2	553494,08	0,65	0,5549
Variedad	1825610,25	3	608536,75	0,72	0,5778
Error	5103266,50	6	850544,42		
Total	8035864,92	11			

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	Rinde	12	0,93	0,88	15,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9859351,58	5	1971870,32	17,16	0,0017
Bloque	54780,67	2	27390,33	0,24	0,7950
Variedad	9804570,92	3	3268190,31	28,44	0,0006
Error	689467,33	6	114911,22		
Total	10548818,92	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=677,25750

Error: 114911,2222 gl: 6

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hyola 575 CL	2906,67	3	195,71	A
Rivette	2757,33	3	195,71	A B
Hyola 50	2191,67	3	195,71	B
Hyola 830 CC	624,00	3	195,71	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Época	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
4	Rinde	12	0,81	0,66	20,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	822209,17	5	164441,83	5,19	0,0347
Bloque	37962,17	2	18981,08	0,60	0,5794
Variedad	784247,00	3	261415,67	8,24	0,0150
Error	190274,50	6	31712,42		
Total	1012483,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=355,78470

Error: 31712,4167 gl: 6

Variedad	Medias	n	E.E.
Hyola 575 CL	1081,00	3	102,81 A
Hyola 50	1075,00	3	102,81 A
Rivette	883,33	3	102,81 A
Hyola 830 CC	452,00	3	102,81 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 50	Rinde	12	0,80	0,64	25,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8856424,67	5	1771284,93	4,90	0,0393
Bloque	1002246,00	2	501123,00	1,39	0,3198
Época	7854178,67	3	2618059,56	7,25	0,0203
Error	2167959,33	6	361326,56		
Total	11024384,00	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1200,94341

Error: 361326,5556 gl: 6

Época	Medias	n	E.E.
1	3124,33	3	347,05 A
2	2957,00	3	347,05 A
3	2191,67	3	347,05 A B
4	1075,00	3	347,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 575 CL	Rinde	12	0,86	0,74	17,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5684012,25	5	1136802,45	7,37	0,0152
Bloque	156032,67	2	78016,33	0,51	0,6265
Época	5527979,58	3	1842659,86	11,95	0,0061
Error	924908,67	6	154151,44		
Total	6608920,92	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=784,41593

Error: 154151,4444 gl: 6

Época	Medias	n	E.E.
3	2906,67	3	226,68 A
2	2422,00	3	226,68 A
1	2404,67	3	226,68 A
4	1081,00	3	226,68 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 830 CC	Rinde	12	0,85	0,72	40,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14122416,67	5	2824483,33	6,79	0,0186
Bloque	466442,00	2	233221,00	0,56	0,5980
Epoca	13655974,67	3	4551991,56	10,95	0,0076
Error	2495371,33	6	415895,22		
Total	16617788,00	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1288,44110

Error: 415895,2222 gl: 6

Época	Medias	n	E.E.
2	2836,67	3	372,33 A
1	2467,33	3	372,33 A
3	624,00	3	372,33 B
4	452,00	3	372,33 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rivette	Rinde	12	0,88	0,78	21,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12741401,50	5	2548280,30	8,58	0,0105
Bloque	930768,50	2	465384,25	1,57	0,2834
Época	11810633,00	3	3936877,67	13,26	0,0047
Error	1781535,50	6	296922,58		
Total	14522937,00	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1088,66489

Error: 296922,5833 gl: 6

Época	Medias	n	E.E.
2	3514,00	3	314,60 A
1	2983,33	3	314,60 A
3	2757,33	3	314,60 A
4	883,33	3	314,60 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Rinde	48	0,93	0,93	94087,84	685,62	691,23

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	-102,94	102,69	-1,00	0,3214
Granos/M2	0,03		1,2E-03	24,27 <0,0001

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Rinde	48	0,38	0,37	791525,13	788,43	794,04

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	281,49	373,82	0,75	0,4553
Silicuas	0,40	0,07	5,35	<0,0001

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Rinde	48	0,31	0,30	882705,77	793,54	799,15

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	-1928,08	902,19	-2,14	0,0379
PMG	1472,35	320,93	4,59	<0,0001

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
PMG	48	0,12	0,10	0,16	49,61	55,22

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor	
const	2,47	0,14	18,14	<0,0001	
Granos/M2	4,1E-06		1,6E-06	2,50	0,0161

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granos/M2	48	0,47	0,46	706785710,79	1114,44	1120,06

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	T	p-valor
const	8409,26		11156,38	0,75
Silicuas		14,32	2,22	6,44

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Aceite	48	0,89	0,82	3,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	492,29	17	28,96	13,86	<0,0001
Bloque	1,64	2	0,82	0,39	0,6791
Época	260,98	3	86,99	41,62	<0,0001
Variedad	136,21	3	45,40	21,72	<0,0001
Época*Variedad		93,46	9	10,38	4,97
Error	62,70	30	2,09		0,0004
Total	554,99	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,20533

Error: 2,0900 gl: 30

Época	Mediasn	E.E.	
2	45,18	12	0,42
1	43,11	12	0,42
3	41,45	12	0,42
4	38,81	12	0,42

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,41066

Error: 2,0900 gl: 30

Época	Variedad	Mediasn	E.E.	
2	Hyola 50	48,05 3	0,83	A
1	Rivette	45,60 3	0,83	B
2	Hyola 575 CL	44,66 3	0,83	BC
1	Hyola 50	44,63 3	0,83	BC
2	Rivette	44,52 3	0,83	BCD
3	Hyola 50	43,90 3	0,83	BCD
2	Hyola 830 CC	43,49 3	0,83	BCD
3	Rivette	43,21 3	0,83	BCD
3	Hyola 575 CL	42,65 3	0,83	CD
1	Hyola 830 CC	42,16 3	0,83	DE
1	Hyola 575 CL	40,06 3	0,83	EF
4	Hyola 575 CL	39,71 3	0,83	F
4	Hyola 50	39,62 3	0,83	F
4	Rivette	39,28 3	0,83	F
4	Hyola 830 CC	36,63 3	0,83	G
3	Hyola 830 CC	36,06 3	0,83	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 50	% Aceite	12	0,96	0,93	1,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	108,65	5	21,73	28,46	0,0004
Bloque	0,70	2	0,35	0,46	0,6539
Época	107,95	3	35,98	47,13	0,0001
Error	4,58	6	0,76		
Total	113,23	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,74569

Error: 0,7635 gl: 6

Época	Mediasn	E.E.	
2	48,05 3	0,50	A
1	44,63 3	0,50	B
3	43,90 3	0,50	B
4	39,62 3	0,50	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 575 CL	% Aceite	12	0,88	0,78	2,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		52,06	5	10,41	8,94	0,0095
Bloque		3,15	2	1,58	1,35	0,3273
Época		48,91	3	16,30	14,01	0,0041
Error	6,98	6	1,16			
Total	59,04	11				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,15548

Error: 1,1640 gl: 6

Época	Mediasn	E.E.
2	44,66 3	0,62 A
3	42,65 3	0,62 A
1	40,06 3	0,62 B
4	39,71 3	0,62 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hyola 830 CC	% Aceite	12	0,90	0,82	3,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		133,81	5	26,76	10,91	0,0057
Bloque		4,76	2	2,38	0,97	0,4314
Época		129,05	3	43,02	17,53	0,0023
Error	14,72	6	2,45			
Total	148,54	11				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,12966

Error: 2,4539 gl: 6

Época	Mediasn	E.E.
2	43,49 3	0,90 A
1	42,16 3	0,90 A
4	36,63 3	0,90 B
3	36,06 3	0,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rivette	% Aceite	12	0,78	0,60	4,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		76,85	5	15,37	4,37	0,0505
Bloque		8,32	2	4,16	1,18	0,3693
Época		68,53	3	22,84	6,49	0,0260
Error	21,12	6	3,52			
Total	97,97	11				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,74863

Error: 3,5205 gl: 6

Época	Medias	n	E.E.	
1	45,60	3	1,08	A
2	44,52	3	1,08	A
3	43,21	3	1,08	A
4	39,28	3	1,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)