

**Universidad Nacional del Noroeste de La Provincia de
Buenos Aires**

(UNNOBA)

Escuela de Ciencias Agrarias Naturales y Ambientales

(ECANA)

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Efecto de la fertilización foliar sobre los
componentes de rendimiento en Colza
(*Brassica napus* L.).**



Director: Ing. Agr. (MSc.) Carlos Senigagliesi.

Colaborador: Ing. Agr. (MSc.) Miguel Ángel Lavilla.

Alumno: Llanos Germán E.

Legajo: 4944/5

Junín (BA)

Agradecimientos

A mi Mamá, Papá, Hermana, Novia y mis amigos quienes me apoyaron en todo momento. A Buffon S.A. Fertilizantes Ecoprotectores Complex, a los Profesores de la Cátedra de Cereales y Oleaginosas de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA) Ingenieros Miguel Ángel Lavilla y Carlos Senigagliesi, al Ingeniero agrónomo Facundo Gatti quien colaboró en la cosecha de esta experiencia. En particular a mi abuela quien me inició en este camino y a la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (U.N.N.O.B.A) personal docente y no docente.

Índice

Agradecimientos.....	1
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Importancia del cultivo de colza a nivel mundial y nacional.....	4
Requerimientos nutricionales y fertilización.....	5
Aportes de nutrientes mediante fertilización foliar.....	8
Palabra clave.....	10
Hipótesis.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Materiales y métodos.....	12
Resultado y Discusión.....	15
Conclusiones.....	22
Bibliografía.....	23
Anexos.....	29

Resumen

La colza (*Brassica napus* L.) es un importante cultivo productor de aceite. Su limitada superficie de siembra en Argentina es debida a que compete con otros cultivos invernales, a la falta de instalaciones preparadas para el procesado y almacenamiento del grano, a las escasas investigaciones y conocimientos sobre su manejo agronómico, entre otras. Dentro de las prácticas de manejo para una correcta nutrición de la colza, se encuentra la fertilización foliar, si bien hay mucha información sobre esta práctica en otros países, en Argentina y más aún en el norte de la provincia de Buenos Aires, es escasa o nula. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta en rendimiento y sus componentes del cultivo de colza a distintos fertilizantes foliares y momentos de aplicación. Esta experiencia se llevó a cabo en un lote de la Cooperativa de Conesa, ubicado en la Localidad de Gral. Conesa, Buenos Aires, Argentina. Se evaluó el efecto de tres fertilizantes foliares: Aporte Calcio, Aporte Hexa y Aporte Cobre, aplicados en los estados fenológicos inicio de botón floral visible, inicio de floración y una fertilización dividida en los dos estados antes mencionados, a la dosis de 3 l ha⁻¹. Los resultados del presente estudio nos permiten concluir que el mejor momento de aplicación de nutrientes con fertilizantes foliares es en inicio de floración y el mejor fertilizante es Aporte Calcio, con una diferencia de rendimiento respecto al testigo de 368,5 kg ha⁻¹. El número de granos m⁻² fue el componente que mejor explicó el aumento de rendimiento y se relacionó con el número de granos por silicua, pero no con el número de silículas m⁻². Si bien en esta experiencia la fertilización foliar tuvo una respuesta productiva positiva, deberían continuarse los estudios sobre ésta temática en función de la composición nutricional, las dosis de los fertilizantes y su relación con otras prácticas como la fertilización de base y el uso de fitosanitarios (insecticidas y fungicidas).

Introducción:

1.1. Importancia del cultivo de colza a nivel mundial y nacional.

El cultivo de colza (*Brassica napus* L.) ocupa el tercer lugar en la producción mundial de oleaginosas después de la soja, con una producción de 72.532.995 toneladas en la campaña 2012/13 (FAO, 2015). El 80 % de la producción se concentra en Canadá, China, India, Alemania, Francia, Australia y Polonia. La superficie sembrada en Argentina en la última década varió entre 6.720 has (2005/06) y 92.690 has (2012/13), decayendo a 37.315 has en 2015/16. El rendimiento de colza en los principales países productores es de 2.300 kg ha⁻¹ en promedio, siendo Bélgica el país con mayores rendimientos (4.030 kg ha⁻¹). En Argentina el rendimiento promedio varió entre 1.400 y 1.700 kg ha⁻¹ hasta la campaña 2012/13, habiendo superado los 1.900 kg ha⁻¹ en las dos últimas campañas (MinAgri, 2015). Las principales provincias productoras de colza son Entre Ríos y Buenos Aires, aunque las zonas de aptitud agroecológicas para el cultivo en el país son más amplias, incluyendo zonas como La Pampa, Santa Fe, Córdoba y Mendoza (Murphy y Pascale, 1990). Los bajos rendimientos en nuestro país son debidos a: problemas de implantación, heladas, stress hídrico, herbicidas residuales, calidad de siembra, plagas, calidad del lote, fertilización y adversidades climáticas citadas por Iriarte y López, 2014.

El cultivo de colza es muy demandante en algunos nutrientes. Las causas de las altas demandas se pueden encontrar en que: ya que es un cultivo invernal que produce en sus granos una cantidad importante de aceite (más de 40 %), como así también de proteínas. Un ejemplo de esto es que la harina obtenida a partir de ella tiene entre 36 y 40 % de proteína. Por otro lado, al ser un cultivo que desarrolla su ciclo principalmente durante gran parte del año en el cual las temperaturas son bajas, propicia esta condición a que el suelo presente tasas de mineralización muy bajas. Esto restringe el aporte que el mismo realiza de aquellos nutrientes que provienen de la descomposición de la materia orgánica, como por ejemplo el nitrógeno. Es por este motivo que el uso de la fertilización foliar se convierte en una alternativa para complementar la fertilización de base. De ninguna manera esto quiere decir que otros nutrientes no sean importantes para este cultivo, en realidad todos los son, aún aquellos que sean requeridos en muy pequeñas cantidades (micronutrientes). Ahora bien, en el caso del nitrógeno, este es un nutriente considerado macro, por la alta necesidad que los cultivos tienen para poder expresar un buen rendimiento, máxime en aquellos cultivos que producen aceite y/o proteína, mayoritariamente, como lo es la colza.

Conocer la fenología del cultivo es importante para poder adaptar el

manejo de los distintos cultivares relacionando las distintas etapas fenológicas de los mismos con la mejor oferta ambiental. El rendimiento en grano se genera a lo largo de todo el cultivo, siendo el principal componente el número de granos m^{-2} . De acuerdo a lo expresado por varios autores el período crítico en el cultivo de colza se extiende aproximadamente, 30 días centrado en la floración (anexo 5). Como se mencionó anteriormente el factor más afectado es el número de granos. Durante esa “ventana crítica” se están definiendo el número de silicuas m^{-2} y el nivel de aborto de flores. (Mendham y Salisbury, 1984).

1.2 Requerimientos nutricionales y fertilización.

Estudios similares al realizado por Melgar, 2013, muestran una buena estimación de macro nutrientes como lo son Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S). Pero poco se sabe a nivel nacional de la dinámica de los fertilizantes foliares combinados con macro y micronutrientes.

Estimaciones realizadas por Sainz Rozas, 2013, sobre la transformación que sufrieron nuestros suelos, concluye que la evolución de la producción agropecuaria Argentina, dio como resultado balances negativos de nutrientes, particularmente de los macro y micronutrientes. La disminución de la materia orgánica afectó negativamente la disponibilidad de micronutrientes. La mayor parte de los suelos del oeste, norte y sur de la región pampeana, presentan rangos de P muy bajos a bajos, por lo que este nutriente podría ser limitante para la producción, mientras que la región extra-pampeana, presenta contenidos de P extractable altos o muy altos. La agricultura redujo la relación de Ca/Mg:K. Para el Ca aparecen algunas zonas con contenidos bajos en donde habría que comenzar a monitorear el contenido del mismo. Los niveles de B en suelo han disminuido notablemente, observando que en situaciones puntuales dentro de la región norte pampeana, este llega a ser limitante.

La nutrición es uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento y rendimiento del cultivo de colza, en especial la disponibilidad de N y S (Zhao *et al.*, 1993). Los elevados requerimientos de estos elementos llevaron a la existencia de recomendaciones de manejo de nutrientes (Grant y Bailey, 1993) (anexo 1). Como se hizo mención anteriormente la elevada demanda nutricional es atribuida a que este cultivo produce una cantidad importante de aceite, como así también de proteína. Es por eso que una correcta nutrición es uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento y rendimiento del cultivo de colza - canola, en especial la disponibilidad de N y S (Zhao *et al.*, 1993), en una relación de N:S en suelo de 7:1, por ejemplo para producir una tonelada de grano por hectárea, el cultivo de colza necesita absorber 60 kg de N, 15 kg de P, 65 kg de K y 12 kg de S (Grant y Bailey, 1993). Los valores más frecuentes de requerimientos de N por parte de la colza se hallan entre 54 y 60 kg de N tn^{-1} de grano (Colenne,

2002; Karamanos *et al.*, 2005; Ciampitti y García, 2007; Rubio *et al.* 2007; Scheiner, 2008). La respuesta al N del fertilizante se traduce en un aumento general en el crecimiento de las plantas. Aumenta el índice de área foliar, la duración de la hoja, el peso de la planta, la velocidad de crecimiento, el número de ramas con flores, la altura de planta, el número de flores, número y peso de las vainas y rendimiento de grano (Melgar, 2013). Por lo tanto, una buena fertilidad nitrogenada es necesaria para producir hojas grandes, fotosintéticamente activas, que darán soporte a una gran cantidad de flores, vainas y rendimiento de semilla. Las deficiencias de N en colza – canola reducen el crecimiento, decae drásticamente la producción de raíces laterales, los tallos son más cortos y delgados, y la superficie foliar por planta es mucho menor en comparación a una planta de colza - canola sin limitaciones de N.

El P es el componente esencial de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía, producida en los diferentes procesos metabólicos de la planta. Facilita la asimilación del nitrógeno. Las deficiencias de P en colza – canola provocan inhibición del crecimiento general de la planta, las hojas y los tallos presentan un color que va de púrpura o violeta rojizo a rojo oscuro, por acumulación de polisacáridos y antocianinas (Melgar, 2013). Las hojas más viejas adquieren un color que va de rojo a anaranjado brillante, desprendiéndose antes de tiempo.

Una característica distintiva de este cultivo, por ser una crucífera, es la importancia que adquiere el S (Aulakh *et al.*, 1980; McGrath y Zhao, 1996; McGrath *et al.*, 1996). Encontrándose con frecuencia, una respuesta positiva en rendimiento; al agregado de S mediante la fertilización en suelos deficientes (Janzen y Bettany, 1984; Nuttall *et al.*, 1987). La colza tiene una alta demanda de S para la síntesis de proteínas y glucosinolatos (Grant & Bailey, 1993). Contrariamente a lo que era esperado, la inclusión de las variedades doble cero (con bajo contenido de ácido erucico y glucosinolatos), no ha resultado en una disminución en la demanda de S del cultivo (Zhao *et al.*, 1993). La deficiencia de S en los suelos en donde se implante este cultivo, provoca que las hojas jóvenes presenten una clorosis internerval bien acentuada; que los tallos y silicuas presenten una coloración rojiza, a su vez las silicuas formadas solo contienen pocos o ningún grano y en la fase de floración aparecen en los pétalos coloraciones que van de amarillo claro a blancuzco. En la etapa de botón floral, las hojas nuevas de plantas carentes de S muestran clorosis, color púrpura y el ahuecamiento de las hojas. El color púrpura es causado por la síntesis de pigmentos, antocianinas, debido a la acumulación de azúcares resultantes de la limitada síntesis de aminoácidos y proteínas. El grado de curvatura de la hoja depende de la deficiencia de S. La aplicación de fertilizantes foliares con azufre, son soluciones en etapas de desarrollo avanzado del cultivo, ya que el S pulverizado irá directamente al destino (órganos reproductivos) (Melgar, 2013). Los pétalos son más pequeños que lo normal y se reduce la densidad de flores.

Otros de los macronutrientes importantes en el cultivo de colza – canola son: potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

El K requerido por parte del cultivo de colza es de 65 kg por tonelada de grano. Las deficiencias de K generan clorosis marginal en las hojas que luego se necrosan con una coloración marrón grisáceo a marrón oscuro (Tom Jensen, 2013).

El Ca es un macronutriente muy requerido por el cultivo de colza – canola, con un requerimiento por tonelada de grano de 33 kg. Deficiencias de Ca producen hojas pequeñas, con moteado clorótico de las hojas más jóvenes, clorosis en el tallo que culmina con una curvatura de la parte apical del mismo (Tom Jensen, 2013).

El Mg es un nutriente muy relacionado con el azufre en colza, por lo cual deben ser incorporados en el mismo momento para maximizar su performance (Tom Jensen, 2013). La colza – canola requiere 10 kg de Mg para producir una tonelada de grano (García y Correndo, 2012). Las deficiencias de Mg pueden provocar en las hojas basales vetas o puntos de color gris opaco, las hojas más viejas se vuelven amarillas hasta presentar una clorosis intercostal con tejido necrosado, las hojas medias y más jóvenes presentan manchas cloróticas entre las nervaduras, atribuido a trastornos en la formación de cloroplastos y hay un retraso del crecimiento normal de la planta. La carencia de magnesio aparece mayormente dependiendo de las compactaciones del suelo.

El boro (B) afecta la translocación de los carbohidratos y la utilización del Ca en la formación de la pared celular. La colza requiere fertilizaciones con B cuando en el suelo hay menos de 0,7 ppm de B (Nuttall *et al.*, 1987). Las deficiencias de B en colza pueden provocar formación de espacios vacíos en las raíces y en la base del tallo, crecimiento reducido de las raíces laterales, así como una mala formación de las silicuas, restringe el crecimiento del tubo polínico (alta demanda de B durante la etapa reproductiva). Si no se remedia la carencia de boro, entonces la planta permanece "pequeña" y forma en la fase de botón una roseta muy cercana al suelo.

El cobre (Cu) forma parte de muchas enzimas oxidantes. Las aplicaciones de Cu deben realizarse cuando el análisis de suelo arroja valores menores a 0,2ppm (Karamanos *et al.*, 1986) (Disponible en: <http://www.canolacouncil.org> [consultado el 05 de marzo de 2015]) Las deficiencias de Cu producen que las plantas se marchiten fácilmente, las hojas presentan palidez internerval causada por numerosas motas amarillas, que se desarrolla entre las nervaduras de las hojas más viejas y progresa hasta que la planta completa tiene un color verde pálido (Disponible en: <https://www.agric.wa.gov.au/crops/grains/canola> [consultado el 05 de marzo de 2016]).

El molibdeno (Mo) es un componente esencial de la enzima nitrato reductasa (Agrios, 2005; Zamora y Appella, 2013). Las deficiencias de Mo retrasan el crecimiento de las plantas, coloración pálida entre los tejidos

internervales con manchas blancas dispersas que se expanden cuando la deficiencia empeora y los márgenes de las hojas se tornan de color marrón (Disponible en: <https://www.agric.wa.gov.au/crops/grains/canola> [consultado el 05 de marzo de 2016]).

En base a lo dicho, podríamos concluir que realizando una buena aplicación de fertilizante de arranque, la fertilización foliar sería una estrategia válida para suplir las deficiencias que aparezcan durante el ciclo del cultivo. Sin embargo la fertilización de base en forma excesiva en estados tempranos, pueden provocar un efecto nocivo sobre el medio ambiente y un crecimiento abundante, dando como resultado el vuelco de las plantas, alargamiento del ciclo, mayor susceptibilidad a enfermedades como mancha foliar (*Phoma sp.*), reduciendo el porcentaje de aceite en grano. (Iriarte, 2002; Agosti y Miralles, 2007). La aplicación fraccionada de la dosis de fertilizante nitrogenado, parte en la siembra y parte en el período crítico, podría ser una forma para mejorar el rendimiento y la eficiencia de uso de este nutriente en el cultivo de colza - canola (Tamagno *et al.*, 1999).

1.3 Aportes de nutrientes mediante fertilización foliar.

Diversos ensayos de fertilización foliar (FF) con UREA, sulfato de magnesio y quelato de níquel contribuyeron a la mejora de la resistencia al frío y el aumento del número de granos m^{-2} (Kwiatkowski, 2012), el número de silículas m^{-2} y el peso de mil granos en el cultivo de colza – canola (Szewczuk, 2003). Jaskulski, 2004, en su estudio observó aumentos de rendimiento en colza – canola de 110 a 260 $kg\ ha^{-1}$ con aplicaciones de fertilizantes foliares.

Los fertilizantes foliares no solo aumentan el rendimiento en el cultivo de colza (Szewczuk, 2003; Figas, 2009), también incrementan el porcentaje de aceite en el grano (Barłóg & Potarzycki, 2000; Lääniste, Joudu & Eremeev, 2004).

Otro aspecto a tener en cuenta de la FF, es que promueve la disponibilidad en el momento oportuno de micronutrientes como el B o el hierro (Fe); que son poco móviles en la planta y suministrados únicamente en las raíces, quedan retenidos en las hojas basales, mientras que las hojas jóvenes presentan síntomas de deficiencia de estos nutrientes (Haynes y Robins, 1947).

Los mecanismos de absorción y transporte a través de la planta de los nutrientes que se apliquen con los fertilizantes foliares son: a través de los estomas (García y Peña, 1995), de los ectodesmos (García y Peña, 1995), por la cutícula (García y Peña, 1995) y por los tricomas (Malavolta, 1998). Existen tres a cuatro veces más estomas en la cara inferior de las hojas en comparación con los existentes en la cara superior (Malavolta, 1998). Esto es importante tenerlo en cuenta al efectuar las aplicaciones, tratando de mojar completamente el follaje por debajo. Los estomas se encuentran generalmente

cerrados en la noche y durante los momentos más calurosos del día (las aplicaciones foliares deben ser realizadas cuando los estomas se encuentran abiertos). La absorción a través de la cutícula se produce porque ésta al absorber agua, se dilata, produciéndose espacios vacíos entre las plaquitas aéreas, las cuales permiten la difusión de las moléculas. Dado que las hojas jóvenes no tienen una capa cuticular suficientemente desarrollada, las aplicaciones foliares de nutrientes cuando existe la mayor cantidad de follaje joven favorecerá un mayor ingreso cuticular (Mengel y Kirkby, 1987).

La eficiencia de la FF depende de varios factores, dentro de los que se destacan: 1. El tipo de planta, 2. Factores ambientales, 3. Tipo de fertilización, 4. Época de aplicación y 5. Sistemas de aplicación (Salas, 2002). El éxito de una aplicación foliar radica en incorporar la cantidad de nutrientes necesarios por el cultivo en el menor número de aplicaciones. Por ejemplo, en las aplicaciones que se realizan al inicio del desarrollo del cultivo (bajo índice de área foliar), solo del 10 al 30 % de la solución aplicada queda en el follaje, el resto cae al suelo. Sewzzcuk, 2003, afirma que los fertilizantes foliares promueven la productividad de colza en casi 11%.

Las aplicación foliar de fertilizantes puede ser de gran utilidad en varias situaciones, cuando hay que suministrar pequeñas cantidades por los cultivos, como meso y micronutrientes (Morverdt, 1993); bajo condiciones edáficas adversas para la aplicación de nutrientes en suelo, por ejemplo stress hídrico temporario; para superar las limitaciones de la fertilización del suelo tales como la lixiviación, la precipitación de fertilizantes insolubles, el antagonismo entre determinados nutrientes (Rodríguez, 2005). Otra ventaja es que operativamente la FF presenta la posibilidad de realizar la aplicación combinada con otros fitosanitarios, como por ejemplo herbicidas, insecticidas y fungicidas, tanto en estadios vegetativos como reproductivos. En muchos casos el efecto de la nutrición en las plantas permite compensar el efecto negativo de plagas y enfermedades. Hay evidencias que la severidad de la mayoría de las enfermedades de las plantas puede reducirse y que su control se mejora, con una nutrición adecuada, disminuyendo por otro lado, los costos operativos (Morverdt, 1999; Arévalo, 2008; Carmona, 2012).

El manejo agronómico de la FF también presenta limitantes como por ejemplo riesgo de fitotoxicidad. Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas (generalmente se utilizan concentraciones que fluctúan entre 2% a 5%). Para cada nutriente existen valores límites de concentración (Salas, 2002). El riesgo de fitotoxicidad indicado, sumado al hecho de que los requerimientos de macronutrientes, tal como su nombre lo indica, es de elevada magnitud, limita la nutrición foliar de estos elementos, quedando restringida a complementar la fertilización al suelo, o a corregir deficiencias en casos particulares (Salas,2002). Como se hizo mención anteriormente, este cultivo requiere un buen desarrollo de follaje: La nutrición foliar depende de la absorción que se realiza a través del follaje. Si

este tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente (Salas, 2002).

La aplicación de macro y micronutrientes mediante la FF debe ser considerada como una estrategia de manejo, cuando el cultivo presenta deficiencias nutricionales en estados fenológicos avanzados, pues el nutriente ya sea móvil o inmóvil en la planta llega directamente a la zona de demanda (hojas, silicuas, flores y granos), su absorción es rápida y requiere poca energía (Gómez, 2003). Sin embargo se reconoce que la FF solo funciona como complemento y no sustituye a una fertilización de base al suelo con macronutrientes como son el N, P y K (Lucatero y Villegas, 2010). Esta práctica ha tomado relevancia en los últimos tiempos ya que se convirtió en una alternativa rápida, económica y oportuna para corregir deficiencias nutricionales, mejorando parámetros de calidad comercial (aceite y proteína), como así también el rendimiento de los cultivos. A nivel mundial la FF ha tomado gran importancia.

En México la FF es una práctica importante en muchos sistemas de producción agrícola porque permite la corrección rápida, económica y oportuna de deficiencias nutricionales, ya que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, y mejora el rendimiento y calidad de la cosecha (Molina, 2002).

Sin embargo a nivel nacional, la fertilización foliar poco se ha estudiado, surgiendo la necesidad de evaluar el efecto de esta con diferentes mezclas de nutrientes y en diferentes estadios fenológicos, sobre la productividad del cultivo de colza. Esto serviría de base para hacer futuros estudios más precisos, siendo deseables que estos se profundicen en una diversidad de ambientes y años.

Palabras claves: Colza (*Brassica napus* L.) – fertilizante foliar– momento de aplicación.

Hipótesis

La aplicación de nutrientes con fertilizantes foliares mejora la productividad en el cultivo de colza (*Brassica napus* L.).

Objetivo General:

Evaluar la respuesta productiva del cultivo de colza (*Brassica napus* L.) frente a distintos fertilizantes foliares y momentos de aplicación.

Objetivos Específicos:

- Identificar el mejor fertilizante foliar y momentos de aplicación, en función del aumento de rendimiento.
- Determinar la asociación entre el rendimiento y sus componentes.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un lote sembrado de colza (variedad Sursem 2836) en la localidad de Gral. Conesa, provincia de Buenos Aires, ubicado en las coordenadas 33°33'30.31" S, 60°20'02.55" O; (anexo 2). Pevio a la siembra se realizó un muestreo para determinar las propiedades químicas del suelo (anexo 3). Las labores realizadas fueron: barbecho químico con glifosato 2 l ha⁻¹(formulado) y dicamba 150 cc ha⁻¹ (formulado). La siembra se realizó el 19/04/12, con una fertilización de 112 kg ha⁻¹ de mezcla arrancadora (7-40-0-5). Se aplicó 55 kg ha⁻¹ de N (120 kg de UREA ha⁻¹) en estado de roseta. Para el control de *Plutella sp.* se aplicó Curyom (lufenuron + profenofos) 350 cc ha⁻¹ y para el control de mancha foliar causada por *Phoma lingam* se aplicó Pyraclostrobin 400 cc ha⁻¹+ 400 cc ha⁻¹ Tebuconazole. Las precipitaciones ocurridas y las históricas se detallan en el anexo 4.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con distribución factorial (3*3), en donde los factores fueron a) FF (Aporte Calcio, Aporte Cobre y Aporte Hexa [figura 1]) y b) Momento de aplicación (inicio de botón floral visible [IBFV]; inicio de floración [IF] e IBFV+ IF [Gómez y Miralles, 2006; anexo 5]), más un testigo con 5 repeticiones, en parcelas de 3 m de ancho por 6 m de largo. La dosis de FF utilizada en esta experiencia fue para cada producto utilizado de 3 l ha⁻¹ la cual, fue particionada a la mitad (1,5 l ha⁻¹) en los tratamientos 3, 6 y 9 (tabla 1).

Figura 1. Composición nutricional en gramos litro⁻¹ (g l⁻¹) de los diferentes fertilizantes foliares.

Aporte Calcio:

Macronutrientes:		Micronutrientes:	
Nitrógeno	93	Zinc	1,3
Fósforo asimilable	7,7	Cobre	0,13
Potasio soluble	11,6	Molibdeno	0,006
Azufre	63,2	Boro	5,2
Calcio	42,6	pH	2,8
Magnesio	5,2	Densidad a 25 °C(g/ml)	1,29

Aporte Cobre:

Macronutrientes:		Micronutrientes:	
Nitrógeno	72	Zinc	0,6
Fósforo	14,2	Cobre	1,2
Potasio	14,2	Boro	4,7
Azufre	87,3	pH	2,4

Densidad a 25 °C(g/ml) 1,18

Aporte Hexa:

Macronutrientes:		Micronutrientes:	
Nitrógeno	89,3	Zinc	2,5
Fósforo	34,7	Boro	5
Potasio	2,5	pH	3,8
Azufre	89,3		

Densidad a 25 °C (g/ml)1,24

Tabla 1. Número de tratamiento y su descripción según el momento de aplicación, el fertilizante foliar y la dosis de 3 l ha⁻¹.

Trats./factor	Momento de aplicación	Fert. Foliar
1	IBFV	Aporte Calcio
2	IF	Aporte Calcio
3	IBFV +IF	Aporte Calcio
4	IBFV	Aporte Cobre
5	IF	Aporte Cobre
6	IBFV+IF	Aporte Cobre
7	IBFV	Aporte Hexa
8	IF	Aporte Hexa
9	IBFV+IF	Aporte Hexa
10	Testigo	

Inicio de botón floral visible (IBFV), inicio de floración (IF)
(Gómez& Miralles, 2006).

La aplicación en IBFV (tratamientos 1, 3, 4, 6, 7 y 9) fue realizada el 13/07/11 (Temperatura: 19°C; Humedad Relativa: 45%) y la aplicación en IF (tratamientos 2, 3, 5, 6, 8 y 9) el 12/08/11 (T: 23°C; HR: 55%). Se utilizó una mochila de presión constante de dióxido de carbono, empleando un volumen de 100 l ha⁻¹ y presión de 50 lbs pulg⁻².

La cosecha se realizó el 20/11/2012 en forma manual. Para cada unidad experimental se tomaron dos muestras al azar de 1 m de ancho por 1 m de largo cada una, obteniendo una muestra compuesta. Posteriormente cada

tratamiento fue trillado mediante una trilladora estática.

Los componentes de rendimientos evaluados fueron: n° de silicuas m^{-2} ; n° de granos silicua $^{-1}$; n° de granos m^{-2} ; peso de mil granos en gramos (PMG) y rendimiento ($kg\ ha^{-1}$). Para determinar las plantas m^{-2} , se las cuantificó en los dos muestreos las plantas a cosechar y posteriormente se promediaron para obtener un valor por tratamiento y repetición. Para las silicuas m^{-2} se tomaron al azar en cada parcela en el momento de cosecha 20 plantas y se cuantificó la cantidad de silicuas que tiene cada planta promediando estos valores; relacionándolas posteriormente con las plantas m^{-2} de cada parcela. Los granos por silicua se cuantificaron tomando 20 silicuas de cada unidad experimental y contando los granos contenidos en ellas. Los granos m^{-2} se determinaron relacionando el peso total de la muestra con el PMG. Los mil granos fueron definidos mediante dos muestreos dentro de cada tratamiento, cuantificando por separado cada muestra mediante un contador de granos electrónico. Luego se pesaron individualmente con una balanza de precisión, y estos valores fueron los promediados para obtener finalmente el peso de mil granos en gramos. Por último el rendimiento ($kg\ ha^{-1}$) fue el resultado del peso total de la muestra. Todos los datos fueron llevados a humedad constante de 8 % siguiendo la reglamentación de la Asociación de Peritos Recibidores de Granos y Oleaginosas (1994) normas de comercialización VIII y XXVII y comparando las medias mediante el test de ANOVA (Tukey α : 0,05). También se realizaron correlaciones entre el rendimiento y a) las silicuas planta $^{-1}$, b) los granos silicuas $^{-1}$, c) número de granos m^{-2} y d) el peso de mil granos, los cuales se utilizaron como herramienta para identificar los componentes y subcomponentes que influyeron sobre el rendimiento en el cultivo de colza en esta experiencia.

Resultados y Discusión

El rendimiento promedio obtenido en el ensayo fue muy bajo en comparación con el que se puede obtener con el cultivo en la zona. Esto se debió al retraso en la cosecha por las intensas lluvias, ocasionando la apertura prematura de las silicuas y el posterior desgrane con la consiguiente pérdida de rendimiento. Las silicuas de la colza tienen como característica que a los pocos días después de madurez fisiológica, cuando llega al contenido de humedad adecuada para la cosecha (13-15%), permanece muy poco tiempo cerrada, con una tendencia muy fuerte a abrirse con la pérdida de las semillas.

Las precipitaciones durante todo el ciclo del cultivo superaron ampliamente las lluvias promedio de la zona; durante mayo a octubre totalizaron 750 mm, cantidad que es más del doble del promedio y particularmente entre agosto a octubre que totalizaron 610 mm, el triple de lo normal (anexo 4). Por ello no se pudo entrar al campo donde estaba localizado el ensayo para realizar la cosecha hasta mediados de noviembre, un mes más tarde a la madurez fisiológica del cultivo.

En la tabla 2 se muestran los valores promedios de cada tratamiento para las distintas variables evaluadas y en la tabla 3 la síntesis del análisis estadístico para cada una de ellas (en el anexo se presenta el análisis estadístico completo). En general hubo respuesta positiva en rendimiento por la aplicación de fertilizantes foliares; en promedio, estos rindieron 170 kg ha^{-1} más que el testigo sin fertilización foliar, diferencia que resultó significativa ($p: 0,05$; Figura 2). Estos resultados indicarían que la fertilización de base, al menos con los nutrientes y en las dosis utilizadas en este experimento, no son suficientes para los requerimientos nutricionales del cultivo y que el aporte vía fertilización foliar podría contribuir a satisfacer dichos requerimientos. Estos resultados coinciden con los logrados por Jaskulski, 2004, en donde con fertilización foliar el rendimiento de colza aumentó en un rango de 110 a 260 kg ha^{-1} , respecto al no fertilizado.

Figura 2. Rendimiento (kg ha^{-1}) de colza (*Brassica napus* L.), promedio de los tratamientos con fertilizantes foliares vs. testigo.

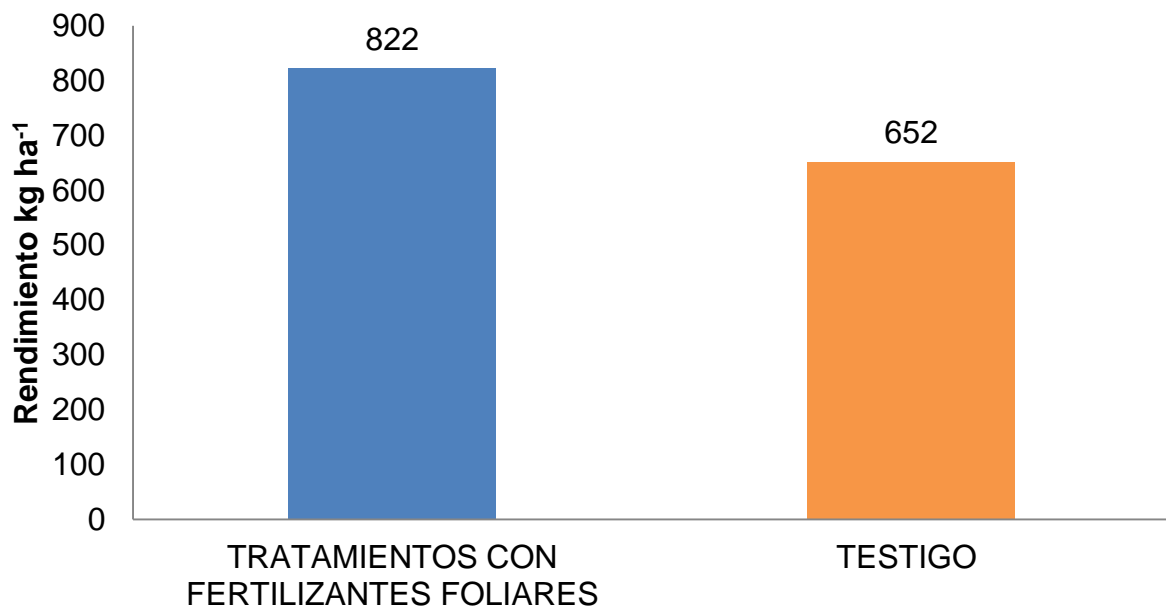


Tabla 2. Evaluación de los componentes de rendimientos silicuas m^{-2} , granos silicuas $^{-1}$, numero de granos m^{-2} , PMG: peso de 1.000 granos (g) y RTO: rendimientos ($kg\ ha^{-1}$) en función a los fertilizantes foliar Aporte Calcio, Aporte Hexa y Aporte Cobre, aplicados en diferentes estados fenológicos (inicio de floración (IF), Inicio de botón floral visible (IBFV) e IBFV+IF en el cultivo colza (*Brassica napus* L.). La tabla se encuentra ordenada en forma decreciente en función al rendimiento.

Tratamiento	Momento	Producto	Silicuas m^{-2}	Granos silicuas $^{-1}$	NG m^{-2}	PMG (g)	RTO ($kg\ ha^{-1}$)
3	IF	Aporte Calcio	2.813	10,8	30.944	3,32	1.020,1
2	IBFV +IF	Aporte Calcio	2.565	10,6	27.194	3,38	915,7
6	IF	Aporte Cobre	2.597	10	24.982	3,34	833,1
9	IBFV +IF	Aporte Hexa	2.926	9,4	26.653	3,1	814,1
8	IF	Aporte Hexa	2.582	9,6	24.339	3,3	803,6
7	IBFV	Aporte Hexa	2.386	10,4	24.802	3,26	798,7
1	IBFV	Aporte Calcio	3.030	8	23.819	3,3	785,2
4	IBFV	Aporte Cobre	3.319	8	25.967	2,84	728,4
5	IBFV +IF	Aporte Cobre	2.556	8,6	21.737	3,22	699,7
10	Testigo		2.458	8	20.642	3,17	651,5

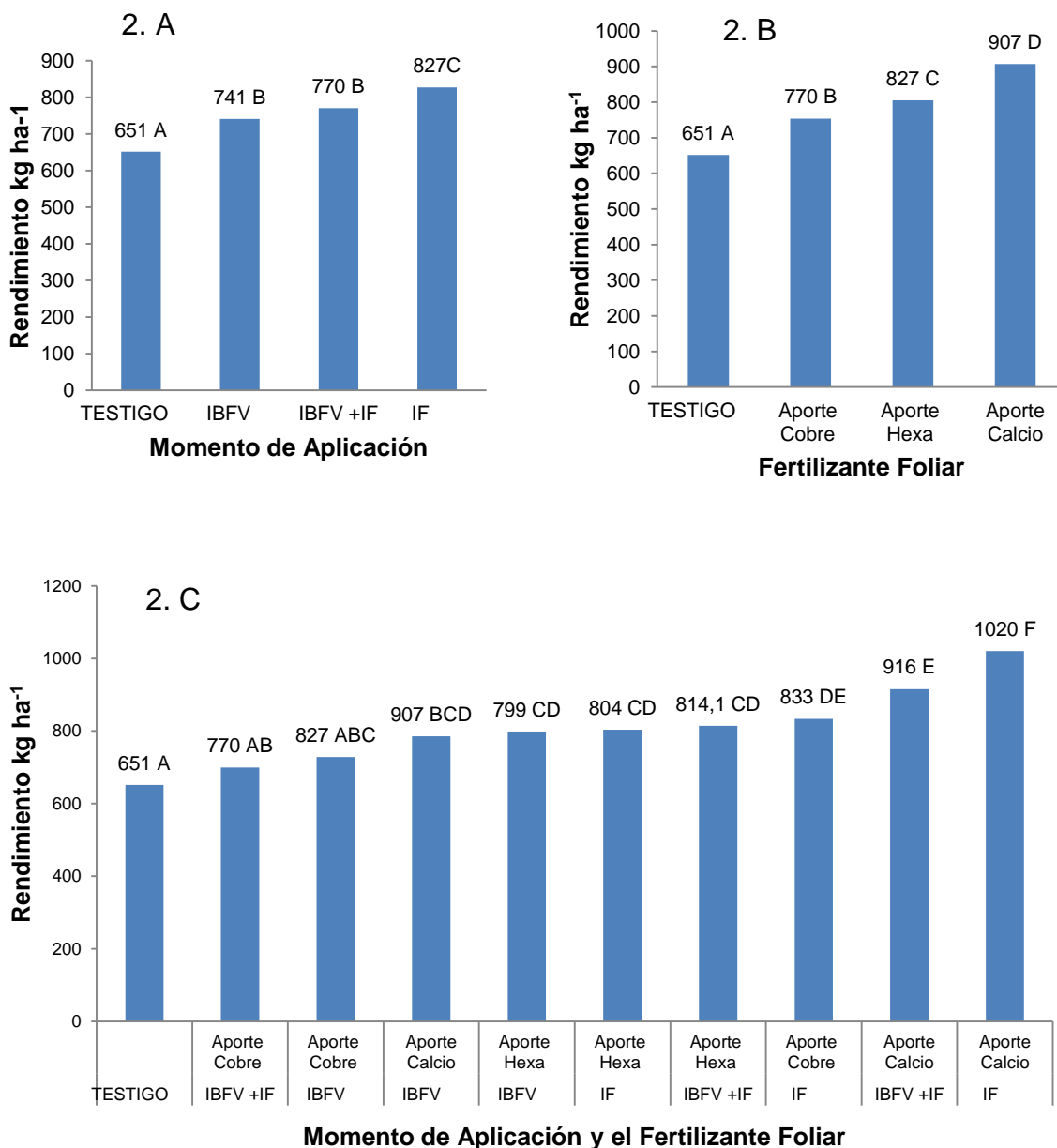
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para los factores: momento de aplicación y fertilizante foliar su efecto sobre los componentes de rendimiento ($\alpha = 0,05$).

	Silicuas m^{-2}	Granos silicua $^{-1}$	Nº de granos m^{-2}	Peso de 1.000 granos (g)	Rendimiento ($kg\ ha^{-1}$)
Momento de Aplicación (M.A.)	n.s.	*	n.s	n.s.	**
Fertilizante foliar (F.F.)	n.s.	n.s	**	n.s.	**
M.A.*F.F.	**	*	**	n.s.	**
Factorial vs. Testigo	*	*	**	n.s.	**

n.s.: diferencia no significativas; *diferencia significativa, **diferencia altamente significativa.

Analizando el rendimiento en función de los tratamientos ensayados, y al ser significativa la interacción entre el momento de aplicación y el producto (tabla 3), los resultados obtenidos en esta experiencia deben ser explicados relacionando el FF a utilizar y el MA. En tal sentido en el MA de IBFV los tres FF tuvieron la misma respuesta en rendimiento, 119 kg ha^{-1} en promedio más que el testigo. Mientras que en IF y en la aplicación dividida (IBFV e IF), el FF que mejor performance tuvo fue Aporte Calcio. Una probable razón del comportamiento de éste fertilizante es que a diferencia de los otros dos, A. Calcio contiene Ca y Mg en su formulación, los cuales son requeridos en gran proporción en colza respecto a otros cultivos como los cereales; 33 kg ha^{-1} de Ca y 10 kg ha^{-1} de Mg (Grant y Bailey, 1993). Además posee 4 micronutrientes: Zn, Cu, B y Mo. Este último es esencial para la utilización eficaz del N aportado y además activa varios procesos enzimáticos fundamentales en el período crítico (Zamora y Appella, 2013). Mientras que Aporte Cobre tiene 3 micronutrientes y Aporte Hexa sólo 2 (figura 1). El mayor efecto que produce A. Calcio sobre el rendimiento (1020 kg ha^{-1}) se observa en IF, pudiendo estar relacionado con la acción sobre la clorofila y la fotosíntesis del Mg (Agrios, 2005; Taiz y Zeiger, 2006), aspectos muy sensibles para este cultivo en el período crítico para establecer y sostener el número de granos vía número de silicuas y el número de granos por silicua (Gómez y Miralles, 2006; Agosti, 2011). La importancia de la acción de la clorofila y la fotosíntesis es altamente significativa en el rendimiento final porque durante ese período crítico se genera el número potencial de granos por unidad de superficie, principal componente del rendimiento (Mendham *et al.*, 1984; Tommey y Evans, 1992). En el momento de floración comienza la senescencia de las hojas, de manera que la disposición de los nutrientes (macro y micronutrientes) en ese estado resultan favorables para maximizar la productividad. Asimismo, las aplicaciones en IBFV crearían un efecto de dilución de los nutrientes (Tommey y Evans, 1992).

Figura 2. Rendimiento kg ha^{-1} en función al: a) momento de aplicación de los fertilizantes foliares; Tukey α : 0,05 DMS: 34,40118 b) fertilizante foliar; Tukey α : 0,05 DMS: 41,47960 y c) al momento de aplicación y al fertilizante foliar; Tukey α : 0,05 DMS: 98,29193. Letras diferentes indican diferencias estadísticas.

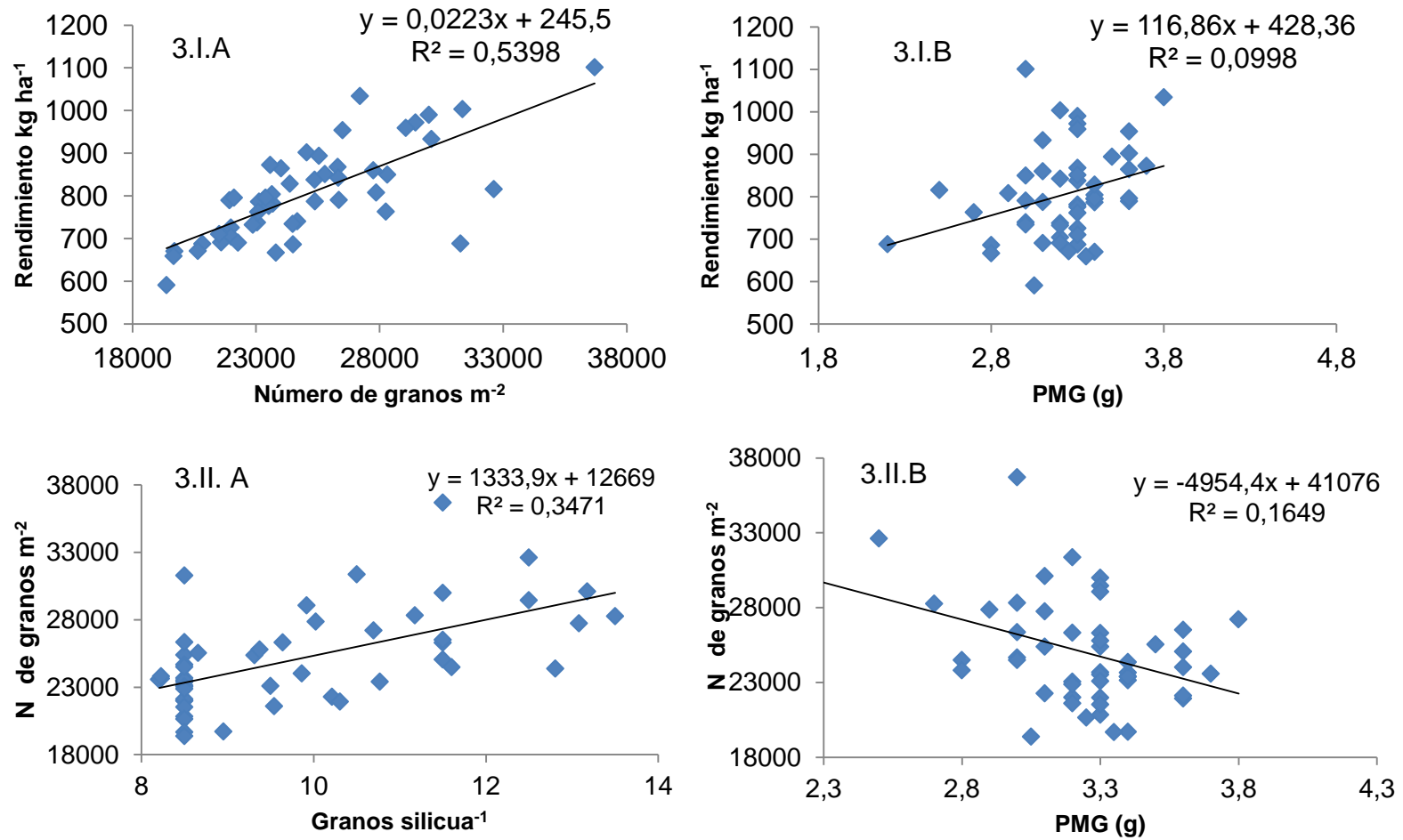


Analizando el efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento, se observa una respuesta significativa (p : 0,05) en número de granos m^{-2} (figura 3.I.A.), mientras que no se encontró diferencias en el peso de 1000 granos (figura 3.I.B).

La interacción entre MA y FF; incrementa significativamente el número de granos silícula⁻¹, el número de granos m⁻² y al rendimiento kg ha⁻¹ (tabla 3).

En esta experiencia el número de granos m⁻² (figura 3.I.A) es el componente que mejor explicó al rendimiento en colza (R²: 0,5398), cuando la misma es fertilizada con fertilizantes foliares en momentos cercanos a floración (Peltonen-Saino y Jauhiainen, 2008; Scarisbrick *et al.*, 1981). Con mayor sensibilidad que el peso del grano (Figura 3.I.B) a cambios en la disponibilidad de nutrientes (Ogunlela *et al.*, 1990; Hocking y Mason, 1993; Asare y Scarisbrick, 1995). En los trabajos que se observaron incrementos del rendimiento a la fertilización en colza, el componente que mejor explicó las diferencias en rendimiento fue el número de granos m⁻². Atribuido por aumentos en el número de silicuas planta⁻¹ (Agosti, 2011; Hocking *et al.*, 1997; Asare y Scarisbrick, 1995; Scott *et al.*, 1973; Allen y Morgan, 1972). Sin embargo algunas investigaciones también muestran incrementos del número de grano m⁻² debido a los granos silícula⁻¹ (Cheema *et al.*, 2001; Scott *et al.*, 1973; Allen y Morgan, 1972), hecho que coincide con esta experiencia. En tal sentido los fertilizantes foliares aumentaron el número de granos m⁻² por el incremento de los granos por silicua (figura 3.II.A), es decir, mejor fijación de granos por silicua (R²: 0,3471) y no por el número de silicua m⁻². El peso de mil granos (figura 3.II.B) al igual que en otras investigaciones no presento cambios significativos por agregado de fertilizantes (Agosti, 2011; Ogunlela *et al.*, 1990; Hocking y Mason, 1993).

Figura 3. I. Rendimiento kg ha^{-1} en función al: A) número de granos m^{-2} B) Peso de mil granos (PMG) II. Numero de granos m^{-2} en función: A) granos silícula $^{-1}$ B) Peso de mil granos (PMG).



Conclusión:

Los resultados del presente estudio nos permiten concluir que a pesar de los problemas ocurridos y que ocasionaron los bajos rendimientos, claramente la fertilización foliar es una alternativa que mejora los rendimientos de *B. napus*.

El fertilizante que mejor performance tuvo fue Aporte Calcio, aplicado en el momento de iniciación floral, con una diferencia de rendimiento ($368,5 \text{ kg ha}^{-1}$) respecto al testigo. Ese comportamiento posiblemente se deba al que el Ca y el Mg están siendo deficientes en los suelos de la región. Y a su vez el Mg interviene en la producción de clorofila y en la fotosíntesis. Además de un equilibrado aporte de micronutrientes, entre los que se destaca el aporte que hace el Mo a la utilización eficaz del N aportado, el cual es requerido en altas concentraciones.

Si bien en esta experiencia la fertilización foliar tuvo una respuesta positiva, se debería continuar estudiando ésta temática, relacionándola con la fertilización de base y el uso de fitosanitarios (insecticidas y fungicidas).

Bibliografía:

Abdallah, M.; Dubousset, L.; Meuriot, F.; Etienne, P.; Avice, J. C. and Ourry, A. 2015. Effect of mineral sulphur availability on nitrogen and sulphur uptake and remobilization during the vegetative growth of *Brassica napus* L. Journal of Experimental Botany Vol. 61, No. 10: 2635-2646.

Agosti, M. B. 2011. Fertilización nitrógeno–azufrada y variabilidad genotípica en el rendimiento y calidad de grano en colza-canola (*Brassica napus* L.). Tesis para optar por el grado de Magíster. Facultad de Ciencias Agrarias. UBA. 130pp.

Agosti, M. B. y Miralles, D. J. 2007. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de canola. Work shop Internacional de Ecofisiología. 6 y 7 de Septiembre de 2007, Mar del Plata. Argentina. pp. 102-103.

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology, Department of Plant Pathology University of Florida. 838 p.

Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier academic Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. 992 pp (Versión en español).

Allen, E. J. & Morgan D. G. 1972. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. Journal of Agricultural Science, Cambridge 78: 315-324.

Arévalo, E. 2008. Fertilización Foliar: ¿Qué resultados hay? Resultados de ensayos realizados por COMPO En: Cuadernillo Agro mercado Soja, Ediciones COMPO, Buenos Aires. 21 - 27 p.

Asare, E. y Scarisbrick, D. H. 1995. Rate of nitrogen and sulphur fertilizer on yield, yield components and seed quality of oil seed rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Research 44: 41-46.

Aulakh, M. S.; Pasricha, N. S. y Sahota, N. S. 1980. Yield, nutrient concentration and quality of mustard crops as influenced by nitrogen and sulphur fertiliser. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 94: 545–549.

Barlog, P. y Potarzycki, J. 2000. Plonotwórcza i ekonomiczna efektywność magnezu zastosowanego dolistnie w uprawie rzepaku ozimego. / The yield-increasing and economic effectiveness of foliar-applied magnesium in winter oilseed rape crops. [In:] Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy, W. Grzebisz (ed.): 151-156. (in Polish)

Camps, M. y Marcos, F. 2002. Los Biocombustibles, Ediciones Mundi-Prensa, 366 pp.

Carmona, M. 2012. Fertilizantes foliares para el manejo de enfermedades de fin de ciclo en soja. En: Evaluación de fertilizantes foliares y fungicidas para el manejo de enfermedades de fin de ciclo en soja en Marcos Juárez. Ediciones INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba. 3-12 p.

Cheema, M. A.; Malik, M. A.; Hussain, A.; Shah, S. H. and Basra, S. M. A. 2001. Effects of Time and Rate of Nitrogen and Phosphorus Application on the Growth and the Seed and Oil Yields of Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 186: 103-110.

Ciampitti, I. A. y García, F. O. 2007. Requerimientos Nutricionales. Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e Industriales. Archivo agronómico 11. Disponible en: <http://www.ipni.net/lasc>

Colnenne, C.; Meynard, J. M.; Roche, R. y Reau, R. 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. European Journal of Agronomy 17: 11–28.

FAO. 2015. Estadísticas de producción de cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Figas, A. 2009. Wplyw sposobu nawozenia siarka I dolistnej aplikacji magnezu I boru na plonowanie rzepaku jarego oraz zawartosé glukozyolanow w nasionach. /Influence of sulphur fertilization and foliar application of magnesium and boro non spring oilseed rape yield and glucosinolate content in seeds. Fragm. Agron. 26 (1): 25-33. (in Polish)

García, F. y Correndo, A. 2012. Cálculo de requerimientos nutricionales. Actualización de 9-03-2012. Disponible on line: www.lacs.ipni.net.

García, H. y Peña, C. 1995. La pared celular, componente fundamental de las células vegetales. UACH. Primera Edición. México, D.F. 23-37 p.

Gómez, N. 2003. Cambios en la duración de las etapas vegetativa y reproductiva en respuesta al fotoperiodo en colza-canola. Servicio de información Agronómica (Virtual). Facultad de Agronomía. UBA. http://www.agro.uba.ar/catedras/cul_indus/investi.htm[Accesado el 8 marzo 2007].

Gómez, N. V.; Miralles, D. J. 2006. Colza. En cultivos industriales, Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires p: 181-216.

Grant, C. A. & Bailey, L. D. 1993. Fertility management in canola production. Can. J. Plant Sci. 73: 651-670.

Haynes, J. L.; Robins, W. R. 1947. Calcium and boron as essential factors in

the root environment. J. Amer. Soc. Agron. 40:795-803.

Hocking P. J., Randall P. J. y DeMarco, D . 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field Crops Research 54: 201-220.

Hocking, P. J. and Mason, L. 1993. Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola (oil seed rape), and the effects of nitrogen fertilizer and windrowing. Australian Journal of Agricultural Research 44: 1377-1388.

Iriarte, B. L. 2002. Colza: Cultivares, Fecha de Siembra, Fertilización. INTA. Chacra Experimental Integrada Barrow. 4 pp.

Iriarte, B. L.; López, Z. B. 2014. El cultivo de colza en Argentina situación actual y perspectivas. Chacra Experimental Integrada Barrow.

Janzen, H. H. y Bettany, J. R. 1984. Sulfur nutrition of rapeseed. I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. Soil Science Society of America Journal 48: 100-107.

Jaskulski, D. 2004. Efektywność dolistnego stosowania nawozów "Sonata". / Effectiveness of foliar application of "Sonata" fertilizers. Ann. UMCS, Sect. E, 59 (1): 431-439. (in Polish)

Karamanos, R. B.; Goh, T. B. y. Poisson, D. P. 2005. Nitrogen, Phosphorus, and Sulfur Fertility of Hybrid Canola. Journal of Plant Nutrition, 28: 1145–1161.

Karamanos, R. E.; Kruger, G. A. y Stewart, J. W. B. 1986. La deficiencia de cobre en cultivos de cereales y oleaginosas en los suelos del norte de las praderas canadienses. Agron. J., 78, 317-323.

Kwiatkowski, C. A. 2012. Response of winter rape (*Brassica napus* L ssp. Oleifera Metzg., Sinsk) to foliar fertilization and different seeding rates. Acta Agrobotanica 65(2), 161-170.

Laaniste, P.; Joudu, J. and Eremeev, V. 2004. Oil content of spring oilseed rape sees according to fertilization. Agronomy Research 2, 83-86.

Lucatero Gómez Blanca, L. y Villegas Cepeda Mario, A. 2010 Fertilización foliar de canola de temporal en la Meseta Purhepecha. Campo experimental Uruapan. Folleto técnico # 6.

Malavolta, E. 1998. Aspectos de la aplicación foliar con micronutrientes. En: Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá. 67-87 p.

McGrath, S. P. y Zhao, F. J. 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between N and S in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science (Cambridge) 126: 53–62.

- McGrath, S. P.; Zhao F. J. y Withers, P. J. A. 1996. Development of sulphur deficiency in crop and its treatment. Proceedings of the Fertiliser Society, No. 379. pp. 257–268. (The Fertiliser Society: Peterborough).
- Melgar, R. 2013. Manejo de la fertilización de colza un cultivo en ascenso. Fertilizar Boletín No. 26. 18-23 p. Disponible: <http://www.fertilizar.org.ar/subida/revistas/26.pdf>
- Mendham, N. J. y Salisbury, P. A. 1984. Physiology: crop development, growth and yield. In: D. Kimber and D.I. McGregor (eds.) Brassica oilseeds: production and utilization. CAB International. 394pp.
- Mengel, K and Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4^a ed. Internal. Potash Institute, Berna. 687-691 p.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. 2015. Serie de datos Disponible en (http://www.siiia.gov.ar/_apps/siia/estimaciones/estima2.php).
- Molina, A. E. 2002. Fuentes de fertilizantes foliares. pp 26-34. In: Meléndez, G y E. Molina (eds). 2002. Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Memoria. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de suelos y foliares.
- Mortvedt, J. J. & Woodruff, J. R. 1993. Technology and application of boron fertilizers for crops. In: Boron and its role in crops production, U. C. Gupta (Ed.), 156-176, CRC, Press, Boca Raton, FL, U.S.A.
- Murphy, G. M. y Páscale, N. C. 1990. Agroclimatología de la colza de primavera (*Brassica napus* L. ssp. *Oleifera* (Metz) Sinsk f. *Annua*) y su posible difusión en la Argentina. Rev. Facultad de Agronomía, 10 (3): 159-176.
- Myers, L. F.; Christian, K. R. and Kirchner, R. J. 1982. Flowering responses of 48 lines of oil seed rape (*Brassicca* spp.) to vernalization and day length. Aust. J. Agric. Res. 33: 927-936.
- Narimani, H.; Rahimi, M. M.; Ahmadikeh, A. and Vaezi, B. 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. Archives of ApplSci Rese. 2(6): 168-176
- Nuttall, W. F.; Ukrainetz, H.; Stewart, J. W. G. y Spurr, D. T. 1987. The effect of nitrogen, sulphur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.). Canadian Journal of Soil Science 67: 545-559.
- Ogunlela, V. B.; Kullmann, A. and Geisler, G. 1990. Nitrogen distribution and dry matter accumulation in oil seed rape (*Brassica napus* L.) as influenced by N nutrition. Journal of Agronomy and Crop Science 164: 321-333.
- Orlovius, K. 2006. Fertilizing for High yield and Quality Oilseed rape. IPNI Boletín No. 16. Alemania. P.125

Peltonen-Sainio, P. and 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: 101-108.

Rodríguez, J. 2005. Fertilización Foliar: Soja En: La fertilización de cultivos, un método racional. Editorial hemisferio Sur, Buenos Aires. 12-19 p.

Rubio, G.; Scheiner, J. D.; Taboada, M. A. y Lavado, R. S. 2007. Distribución de Nitrógeno, Fósforo y Azufre en un cultivo de Colza: Efectos sobre el ciclado de nutrientes. *Ciencia del Suelo* 25(2): 189-194.

Sainz Rozas, H. 2013. Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos. Simposio Fertilidad 2013. Disponible: www.fertilizar.org.ar/subida/evento/Simposio%20de%20Fertilidad%202013/SainzRozas.pdf

Salas, R. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. En: Fertilización Foliar, principios y aplicaciones. Universidad de Costa Rica, centro de investigaciones agronómicas. 9-18 p.

Scarisbrick, D.; Daniels, R. and Alcock, M. 1981. The effects of sowing date on the yield and yield component of spring oil seed rape. *Journal Agricultural Science, Cambridge* 97: 189-195.

Scheiner, J. D.; Gutierrez-Boem, F. H. y Lavado, R. S. 2008. Fertilización en Colza-Canola.

Scott, R. K.; Ogunremi E. A.; Irvin J. D. and Mendham N. J. 1973. The effect of fertilizers and harvest date on growth and yield of oilseed rape sown in autumn and spring. *Journal Agricultural Science, Cambridge* 81: 287-293.

Szewczuk C. 2003. Wpływ stosowania wybranych nawozów dolistnych na przezimowanie i plony nasion rzepaku ozimego / Effect of application of chosen foliar fertilizers on winter hardiness and seed yields of winter rape. *Acta Agrophys.* 85: 289-295. (in Polish)

Szewczuk, C. 2003. Effect of application of chosen foliar fertilizers on winter hardiness and seed yields of winter rape. *Acta Agrophys.* 85: 289-295.

Tamagno; Chamorro, A. M.; Sarandon, S. J. 1999. Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L. Oleífera forma annua): efectos sobre el rendimiento y la calidad de la semilla.

Taiz, L.; Zeiger, E. (eds) 2006. Fisiología Vegetal. Volumen 1: Las células vegetales. Transporte de agua y de solutos. Bioquímica y metabolismo. Publicaciones de la Universidad Jaume I. Castelló de la Plana. ISBN 978-84-8021-599-2

Tom Jensen, 2013. International Plant Nutrition Institute Calgary, Alberta, Canada. IPNI.

Tommey, A. M., Evans, E. J. 1992. Analysis of post-owering compensatory growth in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci., Camb.* 118, 301±308.

Ventimiglia, L.; Fages, J. M.; Torrens Baudrix, L. 2012. Fertilización nitrogenada en Colza. EEA- INTA Pergamino.

Zamora, M. y Appella, C. 2013. Respuesta de la colza a la aplicación de N S y B en el centro sur bonaerense.

Zhao, F. J; Evans, E. J.; Bilsborrow, P. E. & Syers, J. K. 1993. Sulphur uptake and distribution in double and single low varieties of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *PlantSoil* 150: 69-76.

Anexo

Anexo 1. Requerimientos nutricionales de *Brassica napus* L. Adaptado de Grant y Bailey, 1993.

Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	Índice de cosecha del nutriente
N	60	0,63
P	15	0,73
K	65	0,43
Ca	33	
Mg	10	
S	12	0,59
B	0,09	
Cu	0,05	
Fe	0,21	
Mn	0,43	
Zn	0,15	

Anexo 2. Lote en donde he realizó la experiencia: Localidad Conesa, provincia de Buenos Aires.

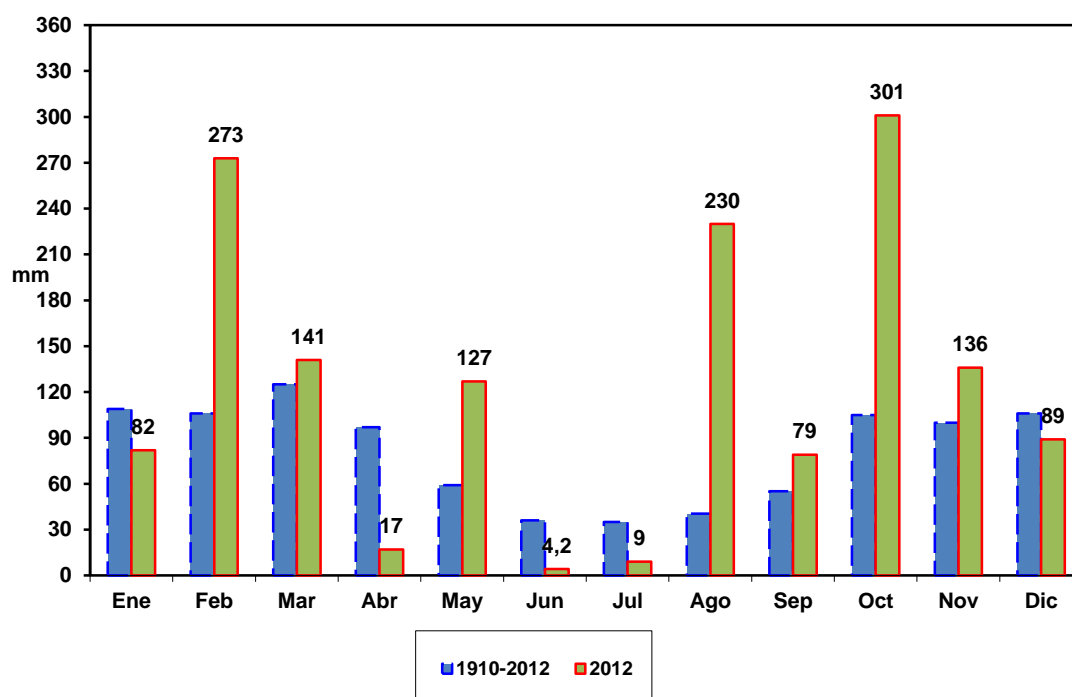
Fuente: <http://anterior.inta.gob.ar/f/?url=http://anterior.inta.gob.ar/suelos/cartas>



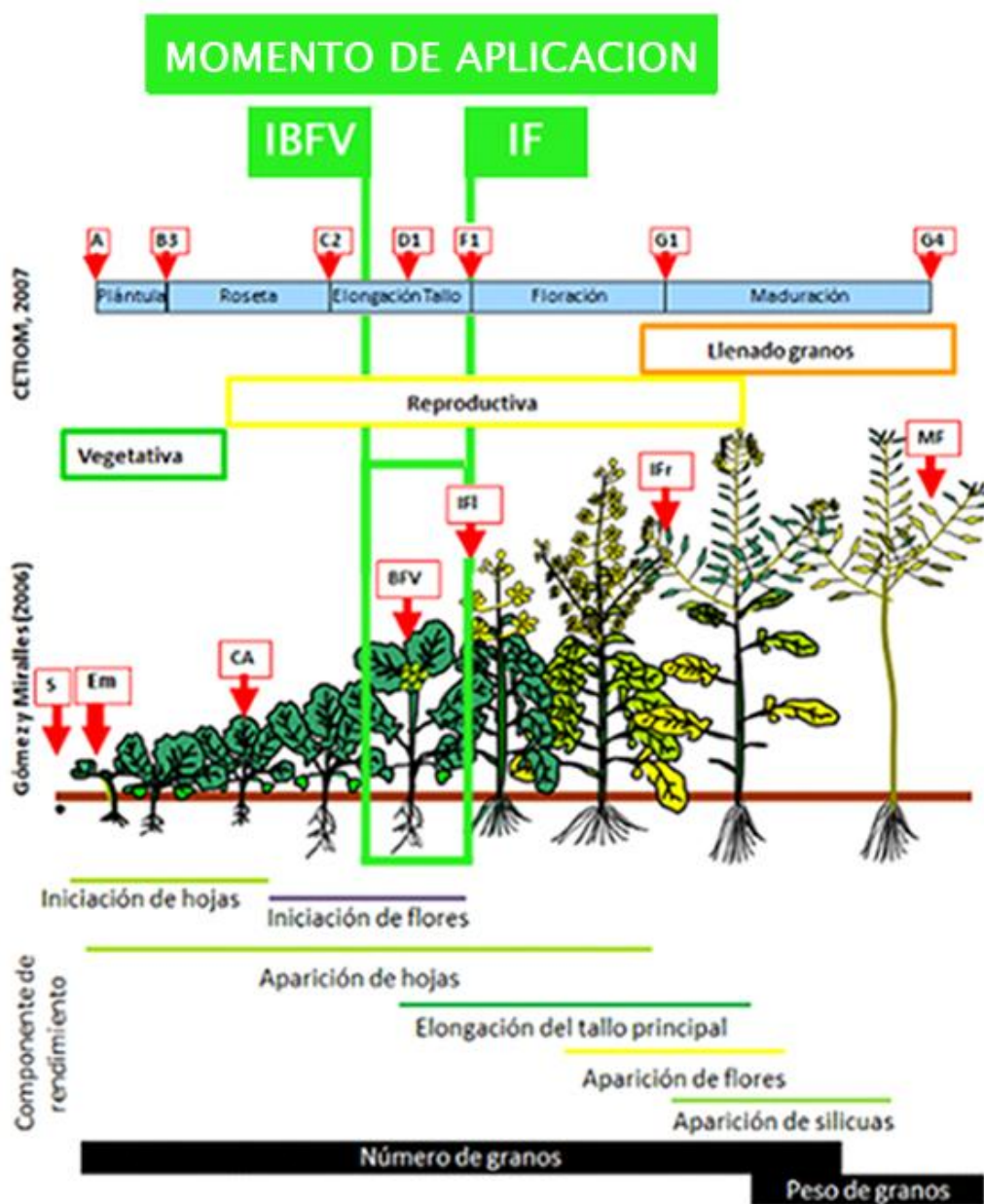
Anexo 3. Análisis de suelo, llevado a cabo para la campaña 2012.

Determinaciones	Método	Bloque					Promedio	Evaluación
		I	II	III	IV	V		
		0 - 20 cm						
Reacción pH.	Agua 1/2.5	5,6	5,6	5,5	5,6	5,4	5,5	subácido
Conductividad Eléctrica C.E. dS/m	Agua 1/2.5	0,19	0,093	0,088	0,065	0,057	0,1	Normal
Materia Orgánica %	Walkley y Black	2,3	2	2,3	2	2,3	2,2	Escasa
N(NO ₃) ppm	Colorímetro	12,2	11,8	8,3	13,1	12,9	11,7	Medio
NO ₃ ppm	Colorímetro	53,92	52,16	36,69	57,90	57,02	51,5	Medio
Nitrógeno Total %	Kjeldhal	0,12	0,1	0,115	0,1	0,115	0,1	Escaso
Fósforo ppm	Bray y Kurtz N° 1	2,8	2,8	3,2	20,5	12,9	8,4	Muy Bajos
Azufre S(SO ₄)	Turbidimétrico	15,6	14,2	14,2	15,6	15,6	15,0	Alto
Profundidad		20- 40 cm						
N(NO ₃) ppm	Colorímetro	9,3	10,9	8,3	7,3	7	8,6	Bajo
NO ₃ ppm	Colorímetro	41,11	48,18	36,69	32,27	30,94	37,8	Bajo
Profundidad		40- 60 cm						
N(NO ₃) ppm	Colorímetro	8	8,3	6,9	6,6	5,6	7,1	Bajo
NO ₃ ppm	Colorímetro	35,4	36,69	30,5	29,17	24,75	31,3	Bajo

Anexo 4. Precipitaciones históricas serie 1910-2012 comparadas con las del año en el que se llevó a cabo el ensayo, tomadas de la EEA INTA Pergamino.



Anexo 5. Esquema del ciclo ontogénico de colza–canola indicando las distintas etapas ontogénicas y los componentes del rendimiento que se generan a lo largo del desarrollo del cultivo, relacionando la escala de Cetiom, 2007 con la escala de Gómez y Miralles, 2006. Cetiom, 2007 (adaptada de Arnoud, 1989): (A) cotiledonar, (B3) tres hojas verdaderas, (C2) elongación, (D1) inflorescencia visible, (F1) Primera flor abierta, (G1) Caída de pétalos. Las 10 primeras silicuas de 2 cm de largo. (G4) Las 10 primeras silicuas están abultadas. Gómez y Miralles, 2006: (S) siembra, (Em) emergencia, (CA) cambio de ápice (BFV) botón floral visible, (IFI) inicio de floración, (IFr) inicio de fructificación, (MF) madurez fisiológica. El recuadro señala la ventana crítica para la definición del rendimiento. Gómez & Miralles (2006).



Anexo 6. Modelo estadístico

1. Variable: silicuas m⁻²

N	R ²	R ² Aj	CV
50	0,58	0,42	11,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	4519819,96	13	347678,46	3,78	0,0008
BLOQUES	660593,08	4	165148,27	1,8	0,1507
TRATAMIENTOS	3859226,88	9	428802,99	4,67	0,0004
Momento	572402,18	2	286201,09	2,62	0,0867
Producto	335710,58	2	167855,29	1,54	0,229
Momento*Producto	2560621,82	4	640155,46	5,86	0,001
Factorial vs. testigo	390492,3	1	390492,3	4,25	0,047
Error	3307378,12	36	91871,61		
Total	7827198,08	49			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,40118				
Error: 1977,0814 gl: 36				
Momento	Medias	n		
IF	2613,05	20	A	
IBFV +IF	2626,65	20	A	
IBFV	2798,9	20		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 41,47960			
Error: 1977,0814 gl: 36			
Producto	Medias	n	
TESTIGO	2458,6	15	A
Aporte Hexa	2631,67	15	B
Aporte Calcio	2803,13	15	C
Aporte Cobre	2824,73	15	C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 98,29193			
Error: 1977,0814 gl: 36			
Momento	Producto	Medias	n
IBFV	Aporte Hexa	2386,4	5 A
IBFV	TESTIGO	2458,6	5 A B
IF	TESTIGO	2458,6	5 A B
IBFV +IF	TESTIGO	2458,6	5 A B
IBFV +IF	Aporte Cobre	2556,6	5 B C
IBFV +IF	Aporte Calcio	2565	5 C
IF	Aporte Hexa	2582,2	5 C
IF	Aporte Cobre	2597,8	5 C
IF	Aporte Calcio	2813,6	5 D
IBFV +IF	Aporte Hexa	2926,4	5 E
IBFV	Aporte Calcio	3030,8	5 F
IBFV	Aporte Cobre	3319,8	5 G

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

2. Variable: granos silicuas⁻¹

N	R ²	R ² Aj	CV
50	0,52	0,35	13,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	66,14	13	5,09	3	0,0046
BLOQUES	9,72	4	2,43	1,43	0,2433
TRATAMIENTOS	56,42	9	6,27	3,69	0,0023
Momento	13,38	2	6,69	3,4	0,0444
Producto	8,71	2	4,36	2,21	0,1239
Momento*Producto	24,36	4	6,09	3,1	0,0274
Factorial vs. testigo	9,97	1	9,97	5,86	0,021
Error	61,08	36	1,7		
Total	127,22	49			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,40118

Error: 1977,0814 gl: 36			
Momento	Medias	n	
IBFV	8,6	20	A
IBFV +IF	9,15	20	A
IF	9,6	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 41,47960			
Error: 1977,0814 gl: 36			
Producto	Medias	n	
TESTIGO	8	15	A
Aporte Cobre	8,87	15	A
Aporte Hexa	9,8	15	A
Aporte Calcio	9,8	15	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 98,29193				
Error: 1977,0814 gl: 36				
Momento	Producto	Medias	n	
TESTIGO	TESTIGO	8	5	A
IBFV	Aporte Cobre	8	5	A
IBFV	Aporte Calcio	8	5	A
IBFV +IF	Aporte Cobre	8,6	5	A
IBFV +IF	Aporte Hexa	9,4	5	A
IF	Aporte Hexa	9,6	5	A
IF	Aporte Cobre	10	5	A
IBFV	Aporte Hexa	10,4	5	A
IBFV +IF	Aporte Calcio	10,6	5	A
IF	Aporte Calcio	10,8	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

3. Variable: N° de grano m^{-2}

N	R ²	R ² Aj	CV
50	0,62	0,48	10,32

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	393762457	13	30289419,8	4,51	0,0002
BLOQUES	17707470	4	4426867,51	0,66	0,6246
TRATAMIENTOS	376054987	9	41783887,5	6,22	<0,0001
Momento	30633398,8	2	15316699,4	2,24	0,1211
Producto	74238084,5	2	37119042,2	5,43	0,0087
Momento*Producto	160384119	4	40096029,7	5,86	0,001
Factorial vs. testigo	110799385	1	110799385	16,49	0,0003
Error	241900635	36	6719462,08		
Total	635663092	49			

Momento	Medias	n			
IBFV	23808,15	20	A		
IBFV +IF	24057	20		B	
IF	25227,44	20			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 41,47960					
Error: 1977,0814 gl: 36					
Producto	Medias	n			
TESTIGO	20642,65	15	A		
Aporte Cobre	24229,11	15		B	
Aporte Hexa	25265,19	15			C
Aporte Calcio	27319,83	15			D

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 98,29193										
Error: 1977,0814 gl: 36										
Momento	Producto	Medias	n							
TESTIGO	TESTIGO	20642,65	5	A						
IBFV +IF	Aporte Cobre	21737,23	5		B					
IBFV	Aporte Calcio	23819,75	5			C				
IF	Aporte Hexa	24339,37	5				D			
IBFV	Aporte Hexa	24802,93	5					E		
IF	Aporte Cobre	24982,85	5						F	
IBFV	Aporte Cobre	25967,25	5							G
IBFV +IF	Aporte Hexa	26653,26	5							H
IBFV +IF	Aporte Calcio	27194,86	5							I
IF	Aporte Calcio	30944,89	5							J

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

4. Variable: PMG (g)

N	R ²	R ² Aj	CV
50	0,33	0,09	8,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	1,42	13	0,11	1,38	0,2179	
BLOQUES	0,29	4	0,07	0,92	0,4653	
TRATAMIENTOS	1,13	9	0,13	1,58	0,158	
Momento	0,26	2	0,13	1,62	0,2111	
Producto	0,3	2	0,15	1,87	0,1683	
Momento*Producto	0,55	4	0,14	1,7	0,1706	
Factorial vs. testigo	0,02	1	0,02	0,25	0,6201	
Error	2,85	36	0,08			
Total	4,27	49				

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,40118			
Error: 1977,0814 gl: 36			
Momento	Medias	n	
IBFV	3,14	20	A
IBFV +IF	3,22	20	A
IF	3,28	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 41,47960			
Error: 1977,0814 gl: 36			
Producto	Medias	n	
Aporte Cobre	3,13	15	A
TESTIGO	3,17	15	A
Aporte Hexa	3,22	15	A
Aporte Calcio	3,33	15	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 98,29193				
Error: 1977,0814 gl: 36				
Momento	Producto	Medias	n	
IBFV	Aporte Cobre	2,84	5	A
IBFV +IF	Aporte Hexa	3,1	5	A
IBFV	TESTIGO	3,17	5	A
IBFV +IF	Aporte Cobre	3,22	5	A
IBFV	Aporte Hexa	3,26	5	A
IBFV	Aporte Calcio	3,3	5	A
IF	Aporte Hexa	3,3	5	A
IF	Aporte Calcio	3,32	5	A
IF	Aporte Cobre	3,34	5	A
IBFV +IF	Aporte Calcio	3,38	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

5. Variable: Rto. (Kg ha⁻¹)

N	R ²	R ² Aj	CV
50	0,88	0,83	5,52

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	513540,62	13	39503,12	19,98	<0,0001
BLOQUES	11884,82	4	2971,21	1,5	0,2219
TRATAMIENTOS	501655,8	9	55739,53	28,19	<0,0001
Momento	102267,43	2	51133,72	23,48	<0,0001
Producto	182380,13	2	91190,07	41,88	<0,0001
Momento*Producto	86166,53	4	21541,63	9,89	<0,0001
Factorial vs. testigo	130841,71	1	130841,71	66,18	<0,0001
Error	71174,93	36	1977,08		
Total	584715,55	49			

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	697918,35	11	63447,12	32,96	<0,0001
Momento	76700,58	2	38350,29	19,92	<0,0001
Producto	509484,39	3	169828,13	88,22	<0,0001
Momento*Producto	111733,39	6	18622,23	9,67	<0,0001
Error	92402,85	48	1925,06		
Total	790321,2	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,40118				
Error: 1977,0814 gl: 36				
Momento	Medias	n		
IBFV	741	20	A	
IBFV +IF	770	20	A	
IF	827	20		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0,05)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 41,47960					
Error: 1977,0814 gl: 36					
Producto	Medias	n			
TESTIGO	651,55	15	A		
Aporte Cobre	753,73	15		B	
Aporte Hexa	805,47	15			C
Aporte Calcio	907	15			D

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 98,29193								
Error: 1977,0814 gl: 36								
Momento	Producto	Medias	n					
	TESTIGO	651,55	5	A				
IBFV +IF	Aporte Cobre	699,7	5	A	B			
IBFV	Aporte Cobre	728,4	5	A	B	C		
IBFV	Aporte Calcio	785,2	5		B	C	D	
IBFV	Aporte Hexa	798,7	5			C	D	
IF	Aporte Hexa	803,6	5			C	D	
IBFV +IF	Aporte Hexa	814,1	5			C	D	
IF	Aporte Cobre	833,1	5				D	E
IBFV +IF	Aporte Calcio	915,7	5					E
IF	Aporte Calcio	1020,1	5					F

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)