

# Limitantes nutricionales y variabilidad espacio-temporal del rendimiento en colza

Ricardo Melchiori<sup>1\*</sup>, Leonardo Coll<sup>1</sup>, Susana Albarenque<sup>1</sup>, Juan Pautasso<sup>2</sup>, y Alejandra Kemerer<sup>1</sup>

- *La información agronómica desarrollada para el cultivo de colza es aún escasa en Argentina.*
- *Analizar el efecto de las limitantes nutricionales y de propiedades físicas sobre la variación espacial del rendimiento de colza permitiría diseñar mejores estrategias de manejo de la fertilización.*
- *La variabilidad espacial del rendimiento del cultivo de colza puede reducirse mediante una fertilización que cubra los requerimientos nutricionales del cultivo, mientras que la misma práctica tiende a incrementar la variabilidad entre años, aunque este efecto no es negativo. Esta mayor variabilidad temporal es producto de que cuando no existen limitaciones nutricionales, en los años buenos se logran obtener los beneficios de estas condiciones ambientales alcanzándose rendimientos más altos.*

A pesar de su relevancia internacional como una de las principales oleaginosas, la información agronómica desarrollada para el cultivo de colza es escasa en Argentina. Esto constituye un problema ya que esta especie es útil como alternativa invernal y como parte de la intensificación de las secuencias agrícolas. La alternancia de este cultivo con el trigo permitiría reducir la incidencia de enfermedades y malezas, pero sobre todo mejorar los rendimientos de los cultivos de segunda en las secuencias agrícolas dado que la colza, como antecesor, posibilita una siembra anticipada del cultivo de soja o maíz de segunda.

En la provincia de Entre Ríos, aunque los rendimientos medios de colza han aumentado sistemáticamente en los últimos años, el área dedicada a este cultivo es muy baja (BCER, 2017). Aspectos relacionados con el desconocimiento del manejo agronómico y/o las dificultades financieras de los productores han conspirado contra una mayor expansión del área sembrada. Otro aspecto quizás determinante, es la elevada variabilidad de los rendimientos tanto entre años, así como también entre sectores distintos de los lotes en un determinado año.

Dentro de las variables ambientales que más influyen en los rendimientos de colza se ha mencionado a la temperatura durante el periodo reproductivo, mientras que las precipitaciones tendrían un rol secundario (Coll y Caviglia, 2013; Weymann et al., 2015). La temperatura además de determinar la duración de las etapas de crecimiento, afecta la producción de fotoasimilados para la formación de las semillas. Sin embargo, otros antecedentes destacan el rol de la disponibilidad hídrica sobre el rendimiento, aunque esta información proviene de zonas con clima más continental o de áreas de suelos someros (Hoffmann et al., 2015; Takashima et al., 2013).

Es probable que la variabilidad temporal de los rendimientos de colza tenga a la temperatura y la disponibilidad hídrica como sus principales fuentes

de variación, aunque su evaluación requiere de experimentación a largo plazo, o el uso de alternativas valiosas como los modelos de simulación del cultivo. Para esto, es importante señalar que no existen antecedentes locales para esta especie en el uso de los principales modelos de simulación agronómica en Argentina.

De manera general, puede plantearse que las variables físicas y químicas relacionadas con el tipo de suelo, la posición topográfica y el manejo previo de los cultivos son factores responsables de la variabilidad espacial del rendimiento. La colza es una especie con elevados requerimientos nutricionales de nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P), elementos de singular importancia para asegurar altos rendimientos. De manera diferente a otros cultivos, los requerimientos de S son especialmente altos (Bole y Pittman, 1984). La respuesta a la fertilización con N y S en Entre Ríos es elevada y se ha reportado un umbral de N disponible de 148 kg ha<sup>-1</sup>, superior al determinado para trigo (Melchiori et al., 2012). Con respecto al P, se han reportado respuestas superiores al 50% en lotes con niveles de hasta 15 ppm de P Bray-1 (Pe) (Rubio et al., 1996; Morguel et al., 2014). Analizar el efecto de las limitantes nutricionales y de propiedades físicas tales como la capacidad de almacenaje y la profundidad efectiva entre otras, sobre las variaciones espaciales del rendimiento de colza permitiría diseñar mejores estrategias de manejo de la fertilización.

En este trabajo se proponen como objetivos:

- i) Determinar la variabilidad espacial del rendimiento de colza y su relación con propiedades de suelo.
- ii) Evaluar el efecto de la remoción de limitaciones nutricionales sobre la variabilidad espacial del rendimiento.
- iii) Estimar la variabilidad temporal del rendimiento de colza.

<sup>1</sup> EEA INTA Paraná, CRER. Entre Ríos, Argentina

<sup>2</sup> AER INTA Diamante, CRER. Entre Ríos, Argentina

\* Autor de contacto. Correo electrónico: melchiori.ricardo@inta.gov.ar

## Materiales y métodos

Para evaluar el efecto de la remoción de las limitantes nutricionales (N, P y S) en la variabilidad espacial y temporal del rendimiento del cultivo de colza, se condujeron experimentos en dos lotes de producción del establecimiento "Don Alfredo" ubicado en el Dpto. Diamante, Entre Ríos (-32° 12' 44", -60° 32' 42") (**Figura 1**). Se utilizó información de estudios anteriores de mapeos detallados de suelos (Escala 1:20 000) y mapas de rendimientos de cultivos antecesores (trigo, soja y maíz) para definir zonas de diferente productividad. En ambos lotes se identificaron dos zonas, una de alta productividad (ZAP) y otra de baja productividad (ZBP).

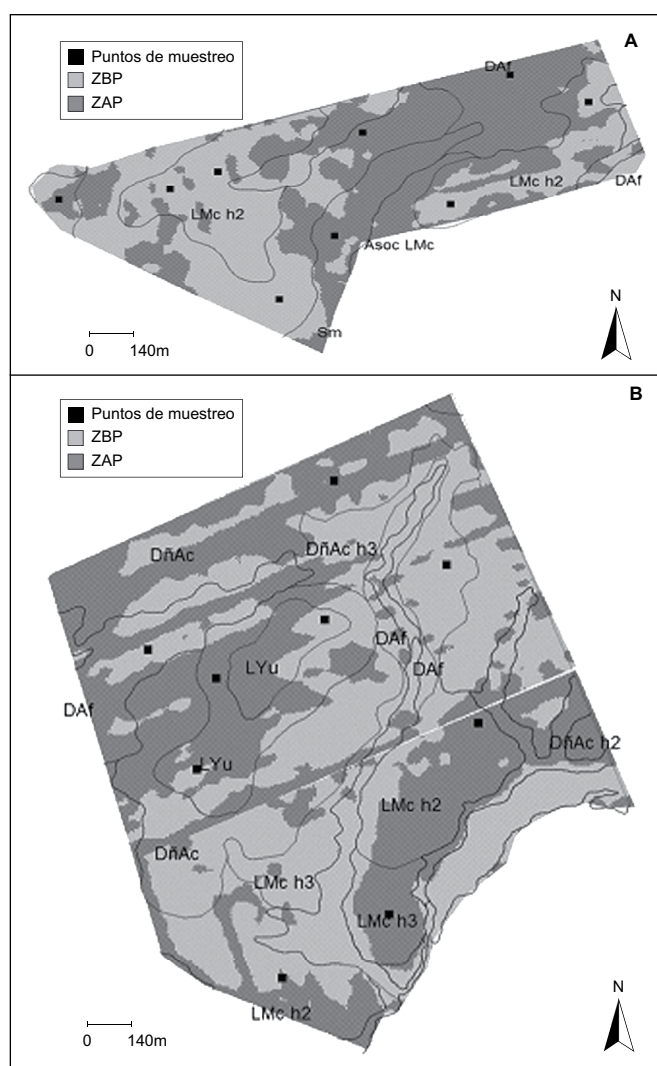
Durante la campaña 2014/15 se realizó un ensayo en un lote de 134 ha, en el que predominan dos suelos clasificados como Peludert argico crómico de la Serie Las Mercedes con diferentes grados de erosión, y un Argiudol Vértico de la serie Don Alfredo. En la campaña 2015/16, el ensayo se llevó a cabo en un lote de 231 ha, en el que predominan tres tipos de suelos pertenecientes a las series Doña Alicia (DñAc, Peludert árgico crómico), Las Mercedes (LMc, Peludert argico crómico) y La Yunta (Lyu, Argiudol vértico). Se seleccionaron puntos de muestreo distribuidos dentro de las zonas de distinta productividad en cada lote (**Figura 1**), donde se comparó la tecnología de manejo del productor (70 kg N ha<sup>-1</sup> y 18 kg P ha<sup>-1</sup>) con un tratamiento sin limitación de N, P y S, que incluyó 160 kg de N ha<sup>-1</sup>, 36 kg de P ha<sup>-1</sup> y 30 kg de S ha<sup>-1</sup>.

La siembra del cultivo se realizó el 6 de junio en 2014 y el 15 de mayo en 2015, el cultivar de colza utilizado fue Rivette (Tipo Primavera). Las malezas y otras adversidades bióticas fueron controladas adecuadamente. En ambos lotes, se seleccionaron 10 y 9 sitios de muestreo de suelos distribuidos dentro de las zonas de alta y baja productividad (**Figura 1**) en las campañas 2014 y 2015, respectivamente. En cada sitio se realizaron mediciones del contenido de agua en el suelo a la siembra hasta el metro de profundidad y se determinó el Pe (Bray y Kurtz 1), materia orgánica (MO, %), pH, y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en la profundidad de muestreo de 0-20 cm, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> hasta 0-60 cm y carbonatos (CO<sub>3</sub>) hasta 100 cm. Luego de alcanzar la madurez fisiológica del cultivo se realizaron muestreos de biomasa aérea y se cosechó un área de al menos 2.5 m<sup>2</sup> para estimar el rendimiento del cultivo. Se calculó la respuesta relativa de rendimiento a la eliminación de las limitantes nutricionales como el cociente entre el rendimiento obtenido en las parcelas sin limitación de NPS y el rendimiento obtenido con el manejo del productor.

Para evaluar la variabilidad temporal del rendimiento del cultivo, y su relación con la presencia o ausencia de limitaciones nutricionales, se realizaron simulaciones de largo plazo (42 años, periodo 1971-2013) con una versión simple del modelo de simulación SALUS (Basso et al., 2006; 2010). Las rutinas simples de cultivos han sido descriptas y evaluadas por Dzotsi et al. (2013), mientras que las de agua y nutrientes han sido evaluadas por

distintos autores y localmente en otros cultivos (Basso et al., 2007; Albarenque et al., 2016). Los parámetros de suelo utilizados fueron los correspondientes a cada sitio de muestreo en los dos años. Las variables meteorológicas utilizadas en la simulación, incluyeron datos de registros de precipitaciones obtenidos en el establecimiento, mientras que los datos de temperatura y radiación correspondieron al observatorio agrometeorológico de INTA Paraná.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y cuando hubo efecto de los tratamientos se compararon mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $\alpha = 0.05$ ). Además, se realizaron análisis de correlación para evaluar las asociaciones entre variables.



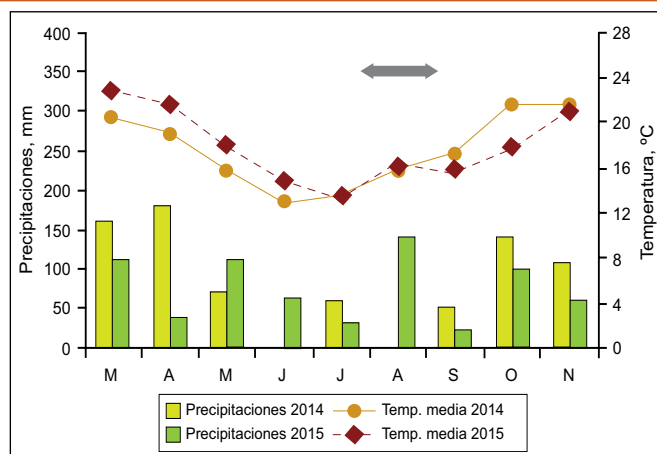
**Figura 1.** Mapa de suelos, áreas de productividad diferente según mapas de rendimiento de cultivos antecesores (trigo y maíz) y puntos de muestreo (Est. Don Alfredo. Costa Grande; Diamante, -32° 12' 44", -60° 32' 42"). A) Lote evaluado en la campaña 2014/15, y B) Lote evaluado en la campaña 2015/16. LMc: Serie Las Mercedes; LMc h1: Serie Las Mercedes fase ligeramente erosionada; LMc h2: Serie Las Mercedes fase moderadamente erosionada; LMc h3: Serie Las Mercedes fase severamente erosionada; DAF: Serie Don Alfredo, DñAc: Serie Doña Alicia; DñAc h3: Serie Doña Alicia severamente erosionada; LYu: Serie La Yunta, y Sm: Suelos menores de acumulación.

## Resultados y discusión

La variación de las temperaturas y precipitaciones durante la estación de crecimiento puede verse en la **Figura 2**. La campaña 2014 se caracterizó por temperaturas mayores que el promedio histórico durante el periodo reproductivo del cultivo y menores precipitaciones durante la floración de la colza. En cambio, 2015 se caracterizó por las abundantes lluvias ocurridas durante la floración y temperaturas más frescas durante el periodo reproductivo, que probablemente alargaron la duración de las etapas de fijación y llenado de granos. El incremento en la duración de las etapas críticas se asocia con mejoras en la cantidad de radiación interceptada, una mayor generación de fotoasimilados, aumentos en la tasa de crecimiento y, en consecuencia, la producción de mayores rendimientos.

### Variabilidad espacial y su relación con las propiedades del suelo

La disponibilidad inicial de agua total en el suelo hasta 1 m de profundidad no fue similar entre sitios dentro de cada campaña. En la primera, el rango de agua a la siembra fue de 358 a 462 mm, mientras que en la segunda varió entre 383 y 516 mm. La disponibilidad de  $N-NO_3^-$  hasta 60 cm varió entre 20 y 80 kg N  $ha^{-1}$  en la campaña 2014, y entre 25 y 42 N  $ha^{-1}$  en la 2015. El contenido medio de Pe fue de 7.9 ppm en 2014, y 8.8 en 2015 y el rango de variación entre sitios para las dos campañas fue de 2.2 a 24.1 ppm. El contenido de CO varió entre 2.1 y 2.7%, y entre 1.4 y 2.3% en la primera y segunda campaña, respectivamente. El pH fue más variable entre sitios con un rango de 6.2 a 7.6 en la primera campaña, y de 5.4 a 7.1 en la segunda. El contenido de carbonatos ( $CO_3$ ) mostro diferencias entre sitios dentro de la primera campaña en la profundidad de



**Figura 2. Precipitaciones mensuales en el Establecimiento Don Alfredo (Costa Grande, ER, -32° 12' 44", -60° 32' 42") y temperaturas medias mensuales en los años 2014/15. La flecha gris indica el periodo de floración del cultivo.**

40-60 cm con valores entre 0.51% y 13.3%. En la segunda, las variaciones en el estrato 40-60 cm fueron menores, mientras que se expresaron de forma más evidente en la capa de 60 a 80 cm de profundidad, con un rango de 0.52% a 11.36%.

Al analizar la relación entre algunas propiedades del suelo y el rendimiento de colza sin limitaciones de N, P y S, se encontró que en el primer año (2014) el rendimiento estuvo fuertemente asociado a la concentración inicial de  $N-NO_3^-$  ( $r=0.89$ ,  $p<0.0005$ ) (**Tabla 1**). También, la concentración de carbonatos en los primeros 40 cm de suelo pareciera haber afectado negativamente al rendimiento de colza ( $r=-0.61$ ,  $p=0.06$ ). Es posible que la presencia de carbonatos en algunos casos se haya relacionado con limitaciones a la exploración radical

**Tabla 1. Correlación entre el rendimiento de colza y distintas variables de suelo en el Establecimiento "Don Alfredo", Costa Grande (Entre Ríos). Ref.:  $NO_3$  (0-60): concentración de nitratos en los primeros 60 cm de suelo,  $SO_4$ : concentración de sulfatos en los primeros 20 cm de suelo, Pe: fósforo extraíble (Bray y Kurtz 1), CO: carbono orgánico, Nt: nitrógeno total, Nan: nitrógeno anaeróbico,  $CO_3$ : carbonatos en los primeros 20 cm, a los 40 y a 60 cm de profundidad, AD: agua disponible al metro de profundidad, y Rend: rendimiento de colza. n = 10.**

2014	$NO_3$ 0-60	$SO_4$	Pe	CO	Nt	Nan	pH	$CO_3$ (0-20)	$CO_3$ (20-40)	$CO_3$ (40-60)	AD (0-100)	Rend.
$NO_3$ (0-60)	1											
$SO_4$	-0.49	1										
Pe	-0.1	0.17	1									
CO	-0.32	-0.04	-0.23	1								
Nt	0.04	0.08	0.41	0.39	1							
Nan	0.09	-0.25	0.4	0.45	0.11	1						
pH	-0.62	0.66	0.1	0.32	0.16	0.05	1					
$CO_3$ (0-20)	-0.61	0.07	0.07	0.73	0.26	0.41	0.25	1				
$CO_3$ (20-40)	-0.61	-0.03	0.07	0.59	0.16	0.36	0.21	0.95	1			
$CO_3$ (40-60)	0.17	-0.09	-0.4	0.67	0.27	0.3	0.32	0.09	-0.08	1		
AD (0-100)	-0.28	0.05	-0.05	-0.01	0.09	-0.23	-0.17	0.33	0.35	-0.13	1	
Rend.	0.89	-0.27	-0.17	-0.21	-0.01	0.08	-0.41	-0.59	-0.61	0.18	-0.6	1

**Tabla 2. Correlación entre el rendimiento de colza y distintas variables de suelo en el Establecimiento “Don Alfredo”, Costa Grande (Entre Ríos). Ref.: NO<sub>3</sub> (0-60): concentración de nitratos en los primeros 60 cm de suelo, SO<sub>4</sub>: concentración de sulfatos en los primeros 20 cm de suelo, Pe: fósforo extraíble (Bray y Kurtz 1), CO: carbono orgánico, Nt: nitrógeno total, Nan: nitrógeno anaeróbico, CO<sub>3</sub>: carbonatos en los primeros 20 cm, a los 40 y a 60 cm de profundidad, AD: agua disponible al metro de profundidad, y Rend: rendimiento de colza. n = 9.**

2015	NO <sub>3</sub> 0-60	SO <sub>4</sub>	Pe	CO	Nt	Nan	pH	CO <sub>3</sub> (0-20)	CO <sub>3</sub> (20-40)	CO <sub>3</sub> (40-60)	AD (0-100)	Rend.
NO <sub>3</sub> (0-60)	1											
SO <sub>4</sub>	-0.19	1										
Pe	-0.01	0.05	1									
CO	0.26	-0.01	0.48	1								
Nt	0.36	-0.00	0.37	0.96	1							
Nan	0.14	-0.09	0.79	0.73	0.64	1						
pH	-0.55	-0.12	-0.55	0.04	0.08	-0.3	1					
CO <sub>3</sub> (0-20)	-0.44	0.01	0.16	0.29	0.17	-0.01	0.32	1				
CO <sub>3</sub> (20-40)	-0.31	0.09	0.09	-0.06	-0.14	-0.16	0.06	0.85	1			
CO <sub>3</sub> (40-60)	0.46	-0.3	-0.1	0.12	0.18	0.32	-0.03	-0.31	-0.12	1		
AD (0-100)	0.52	0.57	-0.1	0.34	0.28	0.1	0.55	0.51	0.22	-0.35	1	
Rend.	-0.34	0.26	0.33	0.52	0.32	0.59	0.13	0.25	-0.02	-0.07	0.57	1

por la presencia de tosca o a la absorción de algunos nutrientes. Sin embargo, tanto en el tratamiento del productor como en el que no tuvo limitaciones de N, P y S, no se observaron sintomatologías correspondientes a deficiencias de micronutrientes. En este sentido, existen reportes previos del efecto negativo de las restricciones a la exploración radical sobre el rendimiento de colza (Hoffmann et al., 2015).

En el segundo año (2015) el rendimiento de colza no mostró relaciones significativas con las propiedades del suelo evaluadas (**Tabla 2**). Es probable que la mejor disponibilidad hídrica del 2015 haya reducido el efecto negativo de los carbonatos asociados con la tosca. El efecto de la profundidad efectiva ha sido menos significativo en años húmedos que en años secos sobre el rendimiento del cultivo de trigo (Chi et al., 2009). Por otra parte, el rango de concentraciones de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entre los distintos puntos de muestreo evaluados fue marcadamente más amplio en el primer año respecto del segundo, robusteciendo de esta manera, la correlación con el rendimiento encontrada. La variable concentración inicial de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> podría entonces, haber actuado como un indicador indirecto de la calidad del sitio.

El rendimiento promedio con el manejo del productor prácticamente no cambió entre años (1700 kg ha<sup>-1</sup> en 2014 vs. 1736 kg ha<sup>-1</sup> en 2015), mientras que al fertilizarlo para remover las limitaciones por deficiencias nutricionales el rendimiento promedio aumentó en el año con mejores condiciones ambientales (2151 kg ha<sup>-1</sup> en 2014 vs. 3183 kg ha<sup>-1</sup> en 2015). Por otra parte, el efecto del manejo de la fertilización en el rendimiento también fue diferente entre las zonas de distinta productividad evaluadas (**Figura 3**), particularmente la respuesta a la fertilización

en zonas de baja productividad fue alta el año con mejores condiciones ambientales.

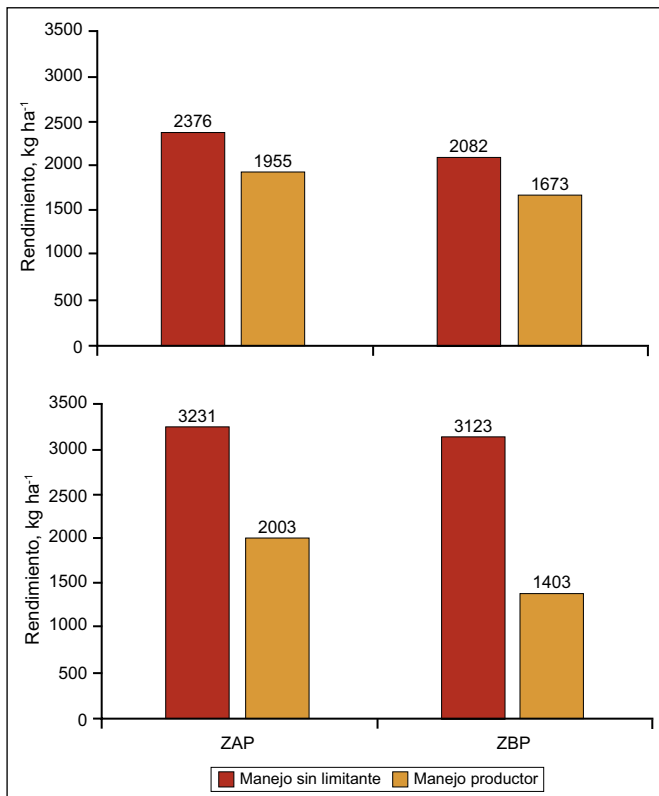
#### *Limitaciones nutricionales y la variabilidad espacial del rendimiento*

La respuesta relativa del rendimiento de colza a la remoción de las limitantes nutricionales (N, P y S) fue mayor en los sectores donde los rendimientos fueron más bajos (**Figura 4**). En consecuencia, la variabilidad espacial del cultivo se redujo al eliminar las limitaciones nutricionales. Concretamente, el coeficiente de variación de los rendimientos obtenidos con el manejo del productor fue de 21% y 28%, mientras que cuando no hubo limitantes nutricionales se ubicó entre 19% y 14%, para 2014 y 2015, respectivamente. Si bien se utilizaron lotes distintos en los dos años, y considerando la similitud entre los tipos de suelos de ambos lotes, la diferencia entre años en la magnitud de la reducción de la variabilidad podría atribuirse a las condiciones ambientales y su efecto sobre la capacidad de respuesta del cultivo frente a la mejora en la disponibilidad de nutrientes. La importancia de la disponibilidad hídrica sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso de nutrientes de colza ha sido anteriormente documentada (Pennock et al., 2001; Hoffmann et al., 2015; Pan et al., 2016).

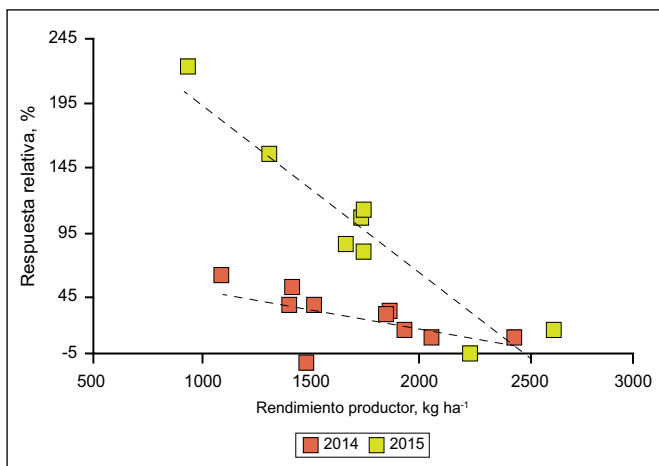
#### *Variabilidad temporal*

La utilización de modelos de simulación permitió estimar la probabilidad de alcanzar un determinado rendimiento con el manejo del productor con o sin limitaciones nutricionales, tanto en ambientes caracterizados como de alta o de baja productividad a largo plazo (**Figura 5**). La variabilidad temporal del rendimiento de colza es probablemente alta debido a la naturaleza variable de





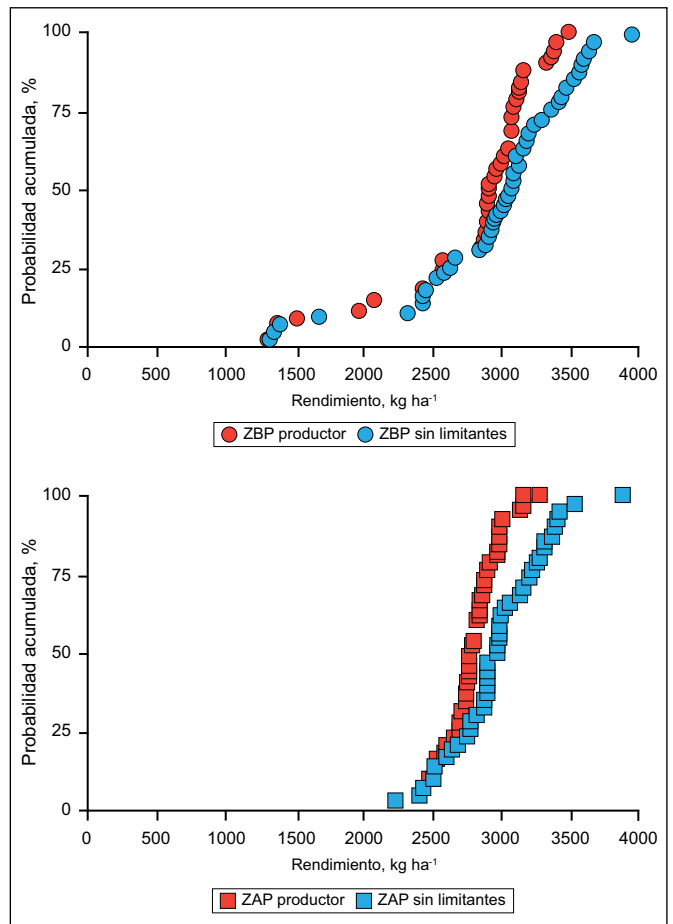
**Figura 3. Rendimiento del cultivo de colza en función del manejo de la fertilización para zonas de productividad contrastantes en el Establecimiento Don Alfredo (Costa Grande, Entre Ríos, -32° 12' 44", -60° 32' 42") en dos años: superior 2014, e inferior 2015.**



**Figura 4. Respuesta relativa del cultivo de colza a la remoción de las deficiencias de N, P y S en función del rendimiento obtenido con la tecnología empleada por el productor durante dos campañas (2014 y 2015) en el Establecimiento Don Alfredo (Costa Grande, Entre Ríos, -32° 12' 44", -60° 32' 42").**

**Tabla 3. Coeficiente de variación del rendimiento de colza para el periodo de 42 años (1971-2012) en el Establecimiento Don Alfredo (Costa Grande, Entre Ríos, -32° 12' 44", -60° 32' 42").**

	----- Manejo del productor		----- Sin limitantes nutricionales	
	ZAP	ZBP	ZAP	ZBP
CV	7%	20%	11%	21%



**Figura 5. Probabilidad acumulada de alcanzar un valor de rendimiento de colza con la tecnología del productor y sin limitaciones nutricionales en zona de bajo potencial de rendimiento (arriba), y zona de alto potencial de rendimiento (abajo). Simulaciones realizadas para un periodo de 42 años (1971-2012).**

las lluvias, tanto en cantidad como en oportunidad, y a la ocurrencia de temperaturas extremas durante la floración y la formación de vainas y semillas (Nielsen et al., 2012). Los resultados obtenidos mostraron que la variabilidad del rendimiento de la colza fue marcadamente superior en las zonas de baja productividad tanto para el manejo del productor como para el manejo sin limitaciones nutricionales (Tabla 3).

La respuesta del cultivo a la fertilización o remoción de limitantes nutricionales incrementó la variabilidad temporal debido a que, en años con mejores condiciones ambientales, los rendimientos alcanzables aumentaron en mayor medida, mientras que cuando operan limitaciones nutricionales se reducen las posibilidades de lograr mejores rendimientos, a pesar de las buenas condiciones ambientales. Por otra parte, en años con restricciones ambientales (25% de los rendimientos inferiores), la variabilidad de rendimiento es muy alta en la zona de baja productividad (rango de rendimientos entre 1000 y 2500 kg ha<sup>-1</sup>), aunque la presencia o ausencia de limitaciones nutricionales no modifica esa variabilidad ni genera respuesta a la fertilización. Análogamente, resultados de simulaciones en el Oeste de Australia muestran que la variabilidad de los rendimientos en ambientes con bajas

precipitaciones son 2 a 3 veces más altas que en ambientes con mayores precipitaciones (Farré et al., 2001).

### Comentarios finales

La variabilidad espacial del rendimiento del cultivo de colza puede reducirse mediante una fertilización que cubra los requerimientos nutricionales del cultivo, mientras que la misma práctica tiende a incrementar la variabilidad entre años, aunque este efecto no es negativo. Esta mayor variabilidad temporal es producto de que cuando no existen limitaciones nutricionales, en los años buenos se logran obtener los beneficios de estas condiciones ambientales alcanzándose rendimientos más altos.

### Bibliografía

- Albarenque, S.M., B. Basso, O.P. Caviglia, R.J.M. Melchiori. 2016. Spatio-temporal nitrogen fertilizer response in maize: Field study and modeling approach. *Agronomy Journal*. 108, 2110-2122. doi:10.2134/ agronj2016.02.0081.
- Basso, B., D. Cammarano, A. Troccoli, D. Chen, y R. Ritchie. 2010. Long-term wheat response to nitrogen in a rainfed Mediterranean environment: field data and simulation analysis. *European Journal of Agronomy* 33:132-138.
- Basso, B., M. Bertocco, L. Sartori, y E. Martin. 2007. Analyzing the effects of climate variability on spatial pattern of yield in a maize-wheat-soybean rotation. *European Journal of Agronomy* 26:82-91.
- Basso, B., J. Ritchie, P. Grace, L. Sartori. 2006. Simulation of tillage systems impact on soil biophysical properties using the SALUS model. *International Journal of Agronomy* 4:677-688.
- BCER. 2017. Informe producción de colza - Campaña 2016/17. Informes SIBER, Bolsa de Cereales de Entre Ríos - www.bolsacer.org.ar
- Bole, J.B., y U.J. Pittman. 1984. Availability of subsoil sulphates to barley and apeseed. *Canadian Journal of Soil Science* 64(3):301-312.
- Coll, L. y O.P. Caviglia. 2013. Influencia de variables ambientales en el rendimiento y calidad de colza. Actas del II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos aplicada al Mejoramiento Vegetal. Mar del Plata 26 y 27 de Agosto.
- Chi, B.L., C.S. Bing, F. Walley, y T. Yates. 2009. Topographic indices and yield variability in a rolling landscape of western Canada. *Pedosphere* 19(3):362-370.
- Dzotsi, K.A., B. Basso, y J.W. Jones. 2013. Development, uncertainty and sensitivity analysis of the simple SALUS crop model in DSSAT. *Ecological Modelling* 260 (2013), pp. 62-76.
- Farré, I., Robertson, M. J., Walton, G.H., y S. Asseng. 2001. Yield analysis of canola in a variable environment. 12th Biennial Australian Research Assembly on Brassicas Victoria, pp. 130-134.
- Hoffmann, M.P., Jacobs, A., y A.M. Whitbread. 2015. Crop modelling based analysis of site-specific production limitations of winter oilseed rape in northern Germany. *Field Crops Research* 178:49-62.
- Melchiori, R.J.M., Coll, L., y P.A. Barbagelata. 2012. Diagnóstico de la fertilización con nitrógeno y azufre para el cultivo de colza en Entre Ríos. Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16-20 de abril de 2012.
- Morguel, D.F.; P.A. Barbagelata, y R.J.M. Melchiori. 2014. Respuesta al agregado de fósforo en colza en Entre Ríos. Actas del XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca, Bs. As.
- Nielsen, D.C., S.A. Saseendran, L. Ma, y L.R. Ahuja. 2012. Simulating the production potential of dryland spring canola in the central Great Plains. *Agronomy Journal* 104(4):1182-1188.
- Pan, W.L., T. McClellan Maaz, W.A. Hammac, V.A. Mccracken, y R.T. Koenig. 2016. Mitscherlich-modeled, semi-arid canola nitrogen requirements influenced by soil nitrogen and water. *Agronomy Journal* 108(2):884-894.
- Pennock, D., F. Walley, M. Solohub, B. Si, and G. Hnatowich. 2001. Topographically Controlled Yield Response of Canola to Nitrogen Fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1838-1845. doi:10.2136/sssaj2001.1838.
- Rubio G., R.S. Lavado, M.A. Taboada, J.D. Scheiner, M.M. Zubillaga, y G. Vrdoljak. 1996. Ventajas de la fertilización combinada en Colza-Canola. *Oleaginosos* 14:16-19.
- Takashima, N.E., D.P. Rondanini, L.E. Puhl, y D.J. Miralles. 2013. Environmental factors affecting yield variability in spring and winter rapeseed genotypes cultivated in the southeastern Argentine Pampas, *European Journal of Agronomy* 48:88-100.
- Weymann, W., U. Böttcher, K. Sieling, y H. Kage. 2015. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Research* 173:41-48.