

Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en *Brassica carinata* Campaña 2019

Ings. Agrs. *Gustavo N. Ferraris, **Fernando Mousegne,
Fernando Jecke y *Orlando Vellaz
Abril 2020

INTRODUCCIÓN

Brassica carinata (colza etíope, mostaza etíope o mostaza abisinia) es una especie perteneciente a la familia de las crucíferas o Brassicaceae. Se piensa que es el resultado de un evento de hibridación ancestral entre *Brassica nigra* (mostaza) y *Brassica oleracea* (especie que incluye a repollo, coliflor y brócoli) (Prakash y Hinata, 1980). Aunque *B. carinata* se cultiva como comestible en regiones de África, (Alemayehu y Becker, 2004) tiene generalmente altos niveles de glucosinolatos indeseables y ácido erúico (Getinet *et al.*, 1997), por lo que ha sido reemplazada con este fin por *Brassica napus* (Colza) con la que se encuentra estrechamente relacionada. La planta también se cultiva como vegetal de hoja y posee un sabor suave.

Actualmente, es parte de una investigación para desarrollar un biocombustible de aviación. En 2012 se completó el primer vuelo de un avión de reacción con cien por ciento de biocombustible a partir de *Brassica carinata*. Así como colza, todas las especies de esta familia tienen elevados requerimientos hídricos, de nitrógeno (N) y azufre (S). Sin embargo, la respuesta a la fertilización suele ser particular de cada especie y aun variedad, por lo cual requiere ser evaluada bajo las condiciones de la Región Pampeana Argentina.

Los objetivos de este experimento fueron 1. Evaluar la respuesta a la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) en dos localidades del norte de Bs. As. y 2. Ajustar una curva de respuesta a la fertilización nitrogenada. Hipotetizamos que: 1. *Brassica carinata* incrementa los rendimientos cuando se fertiliza con NPS y 2. Es posible ajustar una curva de respuesta que determine, preliminarmente, la dosis óptima de N.

Palabras clave: *Brassica carinata*, intensificación, fertilización nitrogenada, fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el año 2019, se condujeron dos experimentos de fertilización a campo con la especie *Brassica carinata*, en las localidades de Pergamino y San Antonio de Areco. El primero se realizó en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Clase I-2, Argiudol típico, familia fina, illítica, térmica (USDA-Soil Taxonomy V. 2006). Se sembró el día 23 de mayo, a una densidad de 100 pl m⁻² y con distanciamiento de 20 cm. El segundo se realizó en San Antonio de Areco, sobre un suelo Capitán Sarmiento, Argiudol vértico, familia fina, illítica, térmica (Soil Taxonomy V. 2014). Se implantó el día 28 de mayo, distanciado a 17,5 cm e/ hileras a una densidad de 90 pl m⁻².

Los experimentos recibieron una fertilización de base con superfosfato triple de calcio (0-20-0) a la dosis de 50 kg ha⁻¹ en línea de siembra. Como preemergente se aplicó Glifosato 2000 ml/ha + Trifluralina 3000 ml/ha. Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de fungicidas e insecticidas.

Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con 3 o 4 repeticiones. Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. Por su parte, el análisis de suelo del sitio se presenta en la Tabla 2. La fuente utilizada fue urea granulada (46 – 0 – 0) aplicada al voleo, inmediatamente después de la siembra.

Tabla 1.a: Tratamientos de fertilización nitrogenada. Campaña 2019.

	Alternativa de aplicación	Dosis
T1	Nitrógeno	0 kg ha ⁻¹
T2	Nitrógeno	40 kg ha ⁻¹
T3	Nitrógeno	60 kg ha ⁻¹
T4	Nitrógeno	80 kg ha ⁻¹
T5	Nitrógeno	100 kg ha ⁻¹
T6	Nitrógeno	160 kg ha ⁻¹

Tabla 1.b: Tratamientos de fertilización fósforo-azufrada. Campaña 2019.

	Alternativa de aplicación	Dosis
T7	Superfosfato triple calcio (SPT)	0 kg ha ⁻¹
T8	Superfosfato triple calcio	100 kg ha ⁻¹
T9	Superfosfato triple calcio	150 kg ha ⁻¹
T10	Superfosfato triple calcio Sulfato de calcio	100 kg ha ⁻¹ 110 kg ha ⁻¹

Tabla 2: Datos de suelo al momento de la siembra

Profundidad	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos 0-20 cm	N-Nitratos suelo 0-40 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
Pergamino						
0-20 cm	5,8	2,19	12,5	6,2	29,9	8,1
20-40 cm				5,3		
SA de Areco						
0-20 cm	6,0	2,8	10,0	7,0	30,0	15
20-40 cm				5,3		

Se determinó biomasa aérea y radicular en cuatro estados fenológicos del cultivo: inicio de floración, floración plena, fructificación plena y madurez de cosecha, coincidiendo con los estados fenológicos de F1, F2, G3 y G5 de la escala CETIOM (Agosti et al., 2009). En Pergamino se determinó NDVI por Green seeker y se estimó el contenido de N foliar por Minolta Spad. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una muestra de cosecha se evaluaron los componentes del rendimiento -número (NG) y peso (PG) de los granos-, además de altura final de las plantas. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza comparaciones de media y análisis de regresión.

RESULTADOS

a) Condiciones ambientales de la campaña

A la siembra, el perfil se encontraba con un buen nivel de almacenaje, especialmente en los primeros estratos de suelo. Luego, las precipitaciones fueron muy escasas durante el ciclo de cultivo lo cual fue agotando las reservas (Figura 1), presentando la especie buen nivel de tolerancia. Entre el 3 y 5 de septiembre se registraron heladas de singular severidad, con muy baja humedad relativa, a la cual el cultivo se evidenció particularmente sensible (Figura 2). No obstante, a pesar de encontrarse en floración plena, se observó una buena recuperación posterior.

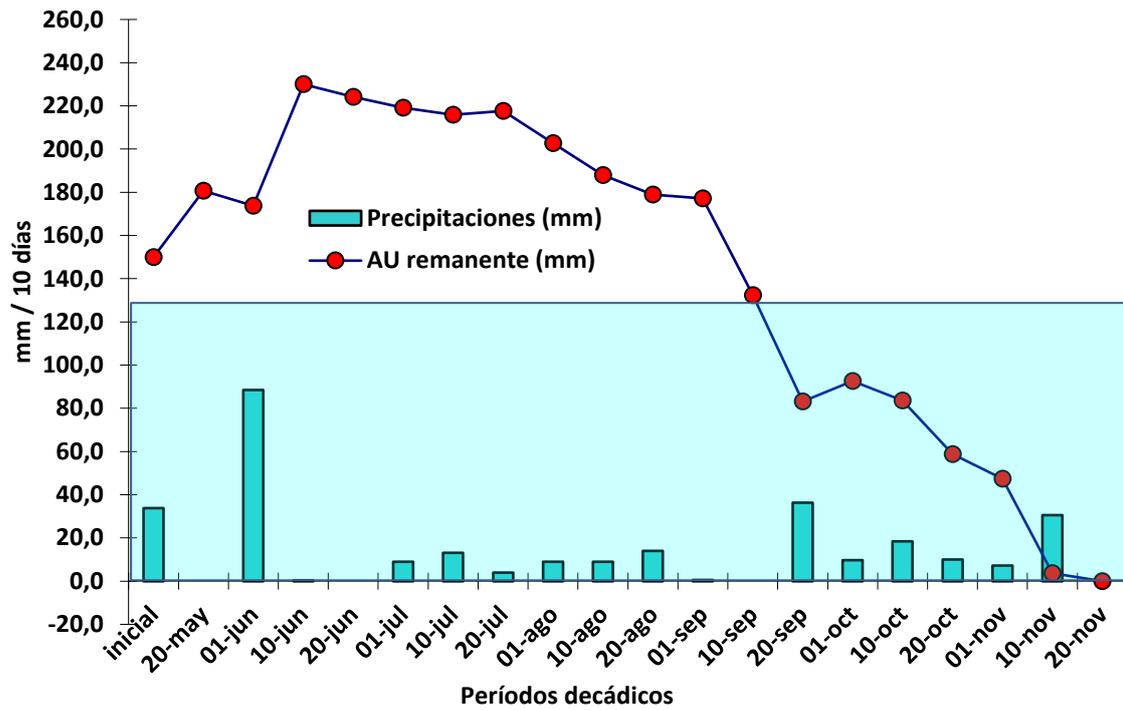


Figura 1.a Pergamino

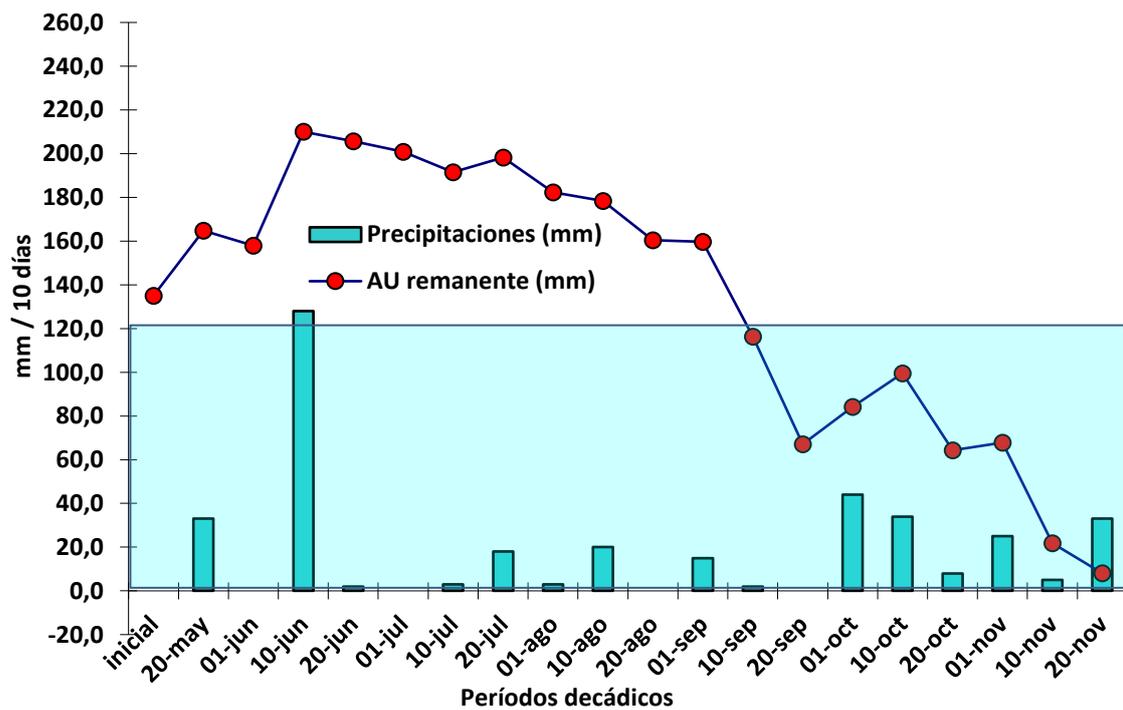


Figura 1.b San Antonio de Areco

Figura 1: Precipitaciones y balance hídrico expresados como agua útil remanente (mm) en a) Pergamino y b) San Antonio de Areco. Cuando el almacenaje cae dentro del área celeste, la demanda del cultivo podría no ser abastecida completamente, generando un déficit de evapotranspiración. Valores acumulados cada 10 días en mm.

En la Figura 2 se presentan las temperaturas y oferta de radiación (Figura 3). Las temperaturas fueron moderadas, aunque con caídas severas. La oferta de radiación fue favorable, dada la baja frecuencia de precipitaciones.

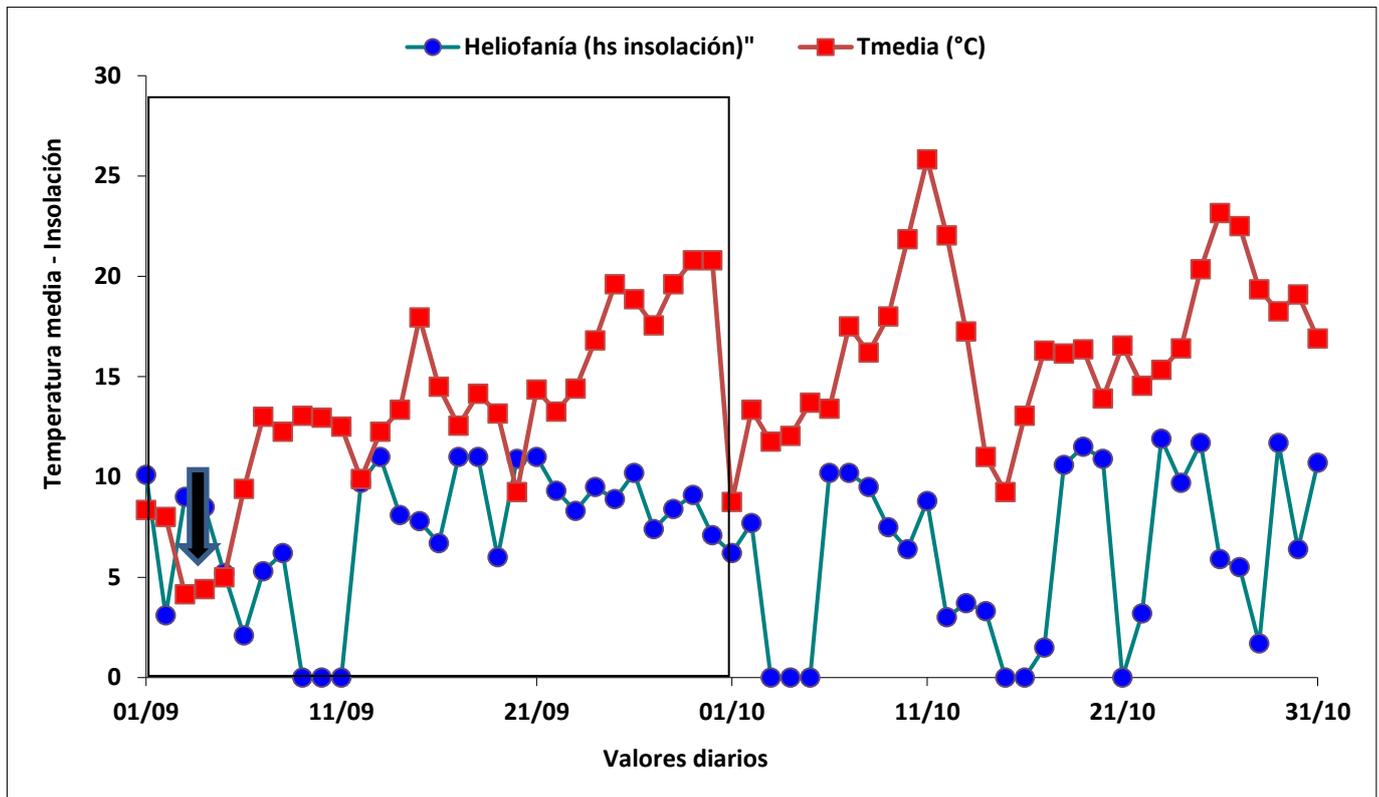


Figura 2: Horas diarias de insolución y temperaturas medias diarias en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 31 de octubre de 2018. Datos estación meteorológica INTA Pergamino. La flecha negra señala la ocurrencia de heladas durante las madrugadas del 3,4 y 5 de setiembre.

b) Resultados de los experimentos

En la Tablas 3 y 4 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figuras 3, 4 y 5 los rendimientos de grano agrupados por sitio. Se trazó una relación estadística entre la productividad y el nivel de N, agregando al del suelo el fertilizante aplicado (Figura 6).

Tabla 3: Biomasa aérea (BA) y radicular (BR) en inicios de floración (F1), floración plena (F2), fructificación plena (G3) y madurez de cosecha (G5), contenido de N foliar por Spad, NDVI por Green seeker, NG y PG. Fertilización nitrogenada en Brassica carinata. Pergamino – San Antonio de Areco, año 2019.

	T	Dosis N	BA F1 (kg ha ⁻¹)	BR F1 (kg ha ⁻¹)	BA F1 (kg ha ⁻¹)	BR F1 (kg ha ⁻¹)	BAG3 (kg ha ⁻¹)	BR G3 (kg ha ⁻¹)
Perg	T1	N0	859	730	2798	824	7531	1694
	T2	N40	1233	1622	3712	1128	10087	2501
	T3	N60	1452	1512	4189	1431	12341	2092
	T4	N80	1321	1428	4391	1318	12967	2995
	T5	N100	1612	1650	5039	1330	14087	3064
	T6	N120	1489	1421	5723	1250	13852	3050
R ² vs rend			0,88	0,75	0,71	0,72	0,90	0,80
	T	Dosis N	BAG5 (kg ha ⁻¹)	BR G5 (kg ha ⁻¹)	Spad F1	NDVI F1	NG m ²	PG
Perg	T1	N0	7898	1601	41,5	0,38	32654	4,0
	T2	N40	12376	2420	44,5	0,45	54065	4,1
	T3	N60	12589	2733	46,2	0,47	58031	4,0
	T4	N80	13920	2859	46,5	0,47	62688	4,2
	T5	N100	15450	3382	47,1	0,49	72864	4,1
	T6	N120	14854	3047	50,0	0,50	62642	4,1
R ² vs rend			0,97	0,97	0,66	0,88	1,00	0,39

	T	Dosis N	BA F1 (kg ha ⁻¹)	BR F1 (kg ha ⁻¹)	BA F1 (kg ha ⁻¹)	BR F1 (kg ha ⁻¹)	BAG3 (kg ha ⁻¹)	BR G3 (kg ha ⁻¹)
SAde Arec	T1	N0	1970	3022	5429	1911	14400	1700
	T2	N40	2870	4233	9429	2100	17543	1889
	T3	N60	2970	3422	5543	2367	20114	3700
	T4	N80	3250	3856	11714	1956	26114	2644
	T5	N100	5070	3811	11829	2111	24400	2922
	T6	N120	4670	3889	8971	2156	16286	2789
R ² vs rend			0,80	0,38	0,41	0,18	0,26	0,39
	T	Dosis N	BAG5 (kg ha ⁻¹)	BR G5 (kg ha ⁻¹)	Altura final (cm)		NG m ⁻²	PG
SAde Arec	T1	N0	14429	1111	1250		53312	3,1
	T2	N40	16286	1333	1320		62997	3,3
	T3	N60	17000	2522	1300		61036	3,6
	T4	N80	18686	1689	1330		58168	3,9
	T5	N100	30114	2956	1260		55527	4,3
	T6	N120	20286	2011	1400		43127	5,8
R ² vs rend			0,43	0,46	0,38		0,11	0,66

Tabla 4: Número de plantas emergidas, contenido de N foliar por Spad, NDVI por Green seeker, NG y PG. Fertilización fósforo azufrada en *Brassica carinata*. Pergamino, año 2019.

	T	Dosis N	Plantas m ⁻²	BAG5 (kg ha ⁻¹)	SPAD	NDVI	NG m ⁻²	PG
Perg	T7	SPT 0	62	9651	53,4	0,33	53312	3,1
	T8	SPT 100	55	18812	52,9	0,49	62997	3,3
	T9	SPT 150	43	19852	52,5	0,54	61036	3,6
	T10	SPT 100 + SC 110	57	23083	57,1	0,55	58168	3,9
R ² vs rend			0,19	0,91	0,11	0,86	0,68	0,52

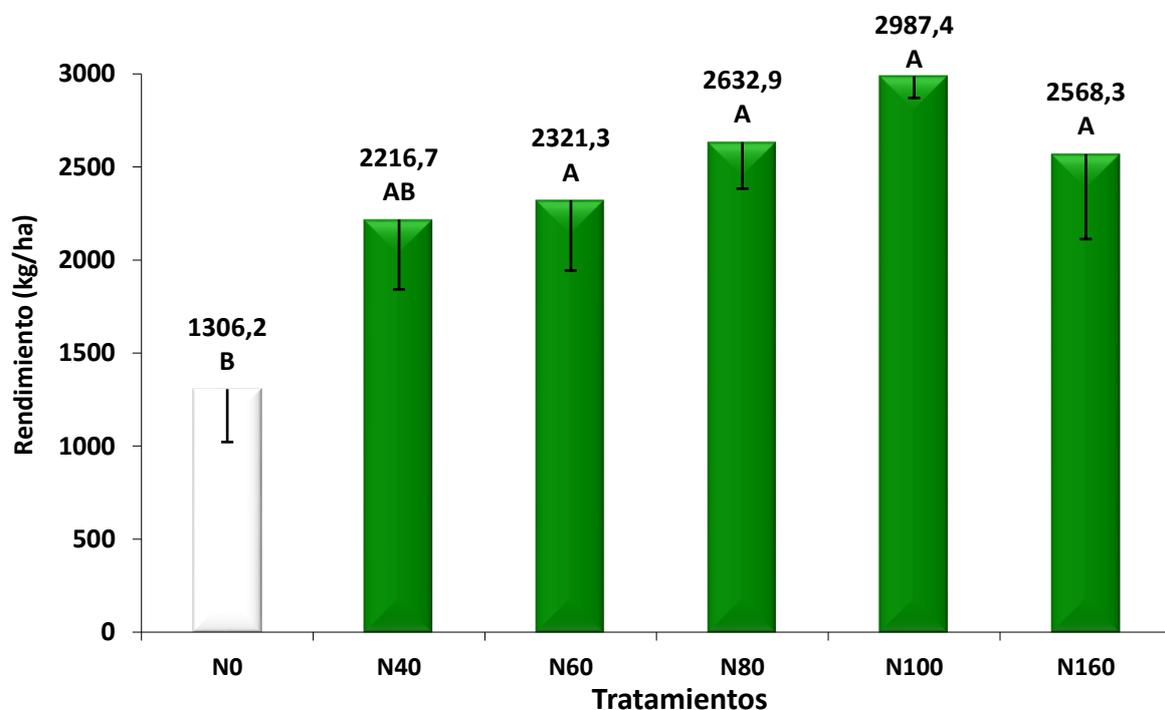


Figura 3: Rendimiento de *Brassica carinata* según dosis de fertilización nitrogenada aplicado en cobertura total a la siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$). Las barras de error indican la desviación standard de la media. INTA Pergamino, año 2019.

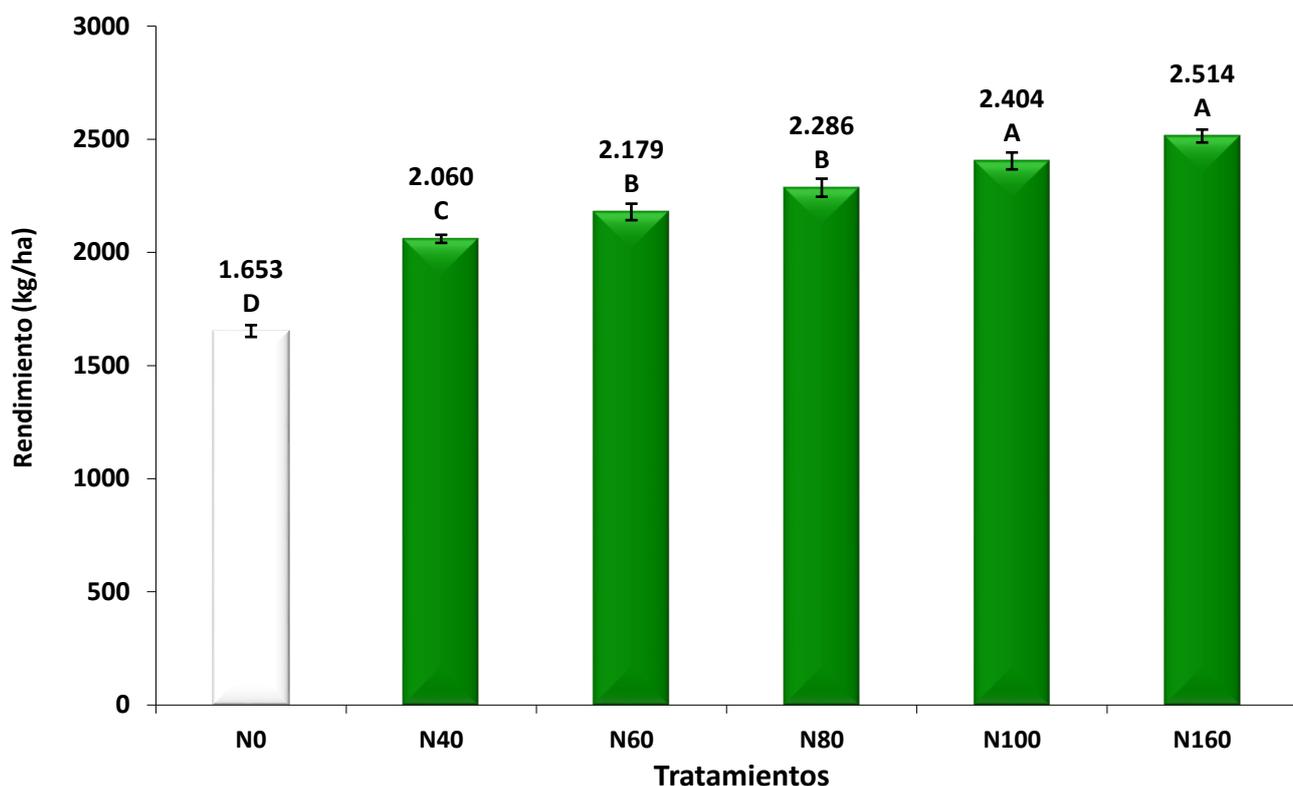


Figura 4: Rendimiento de *Brassica carinata* según dosis de fertilización nitrogenada aplicado en cobertura total a la siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$). Las barras de error indican la desviación standard de la media. San Antonio de Areco, año 2019.

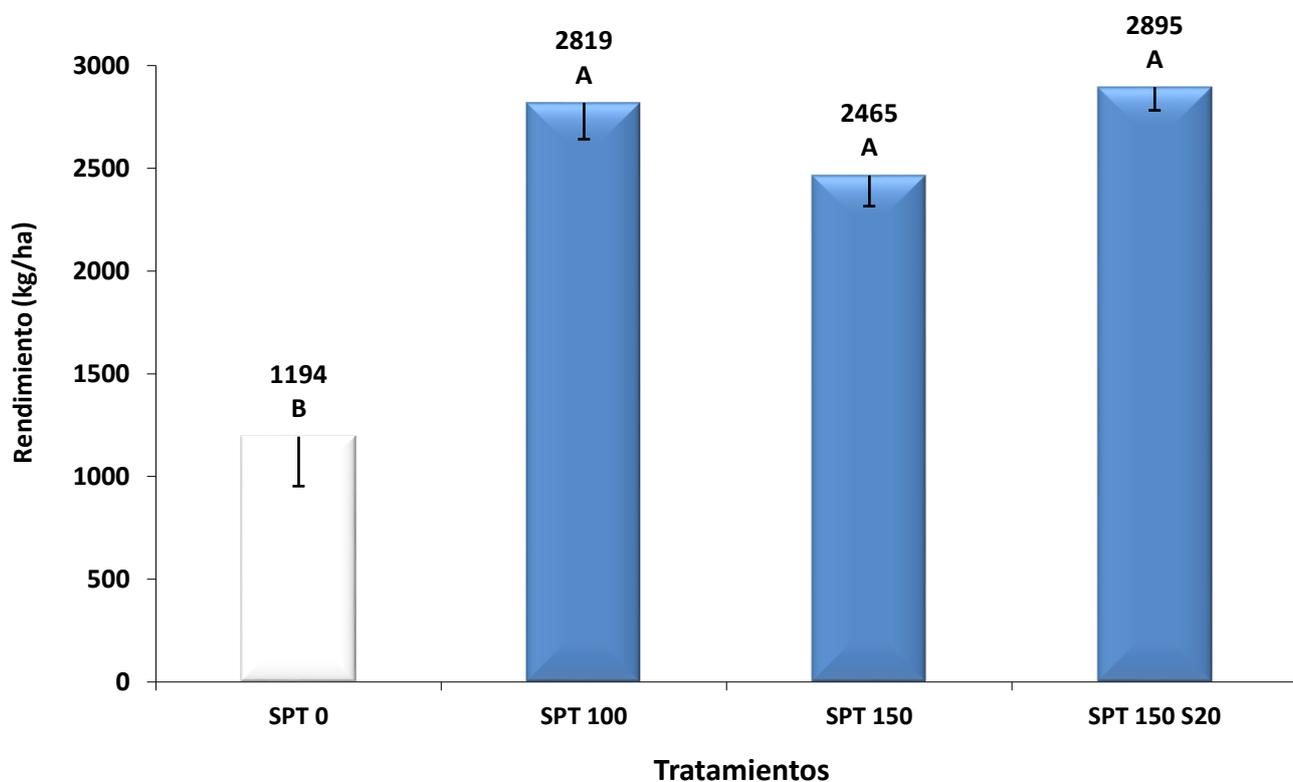


Figura 5: Rendimiento de *Brassica carinata* según dosis de fertilización fósforo-azufrada aplicado en línea a la siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$). Las barras de error indican la desviación standard de la media. INTA Pergamino, año 2019.

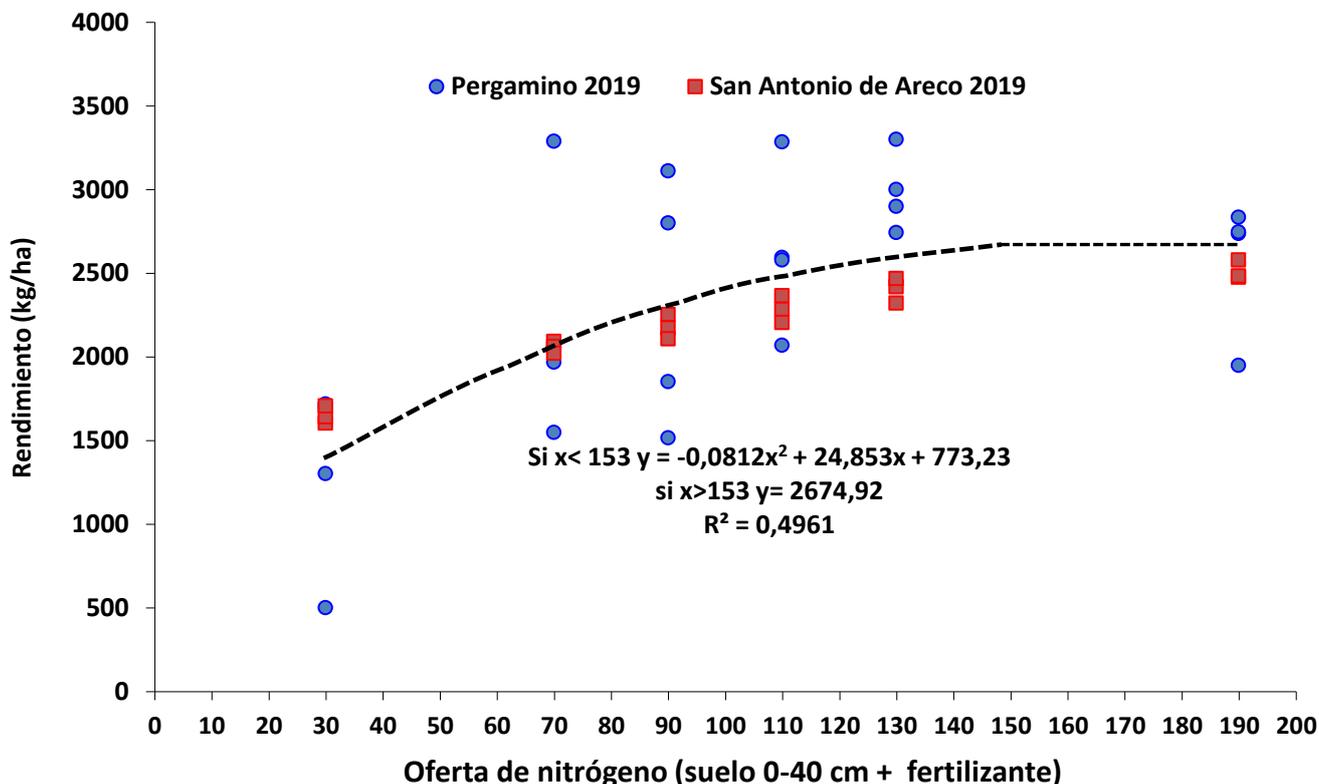


Figura 6: Relación entre rendimiento y oferta total de nitrógeno, sumando el disponible en suelo y el aportado por medio de fertilizante. INTA Pergamino, año 2019.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cultivo mostró una buena tolerancia a herbicidas. Se adaptó bien a una condición de bajas precipitaciones, con un vigoroso crecimiento y buena exploración radicular aun en un ambiente desfavorable. Sin embargo, se presentó susceptible a heladas, en una fecha donde estas son aun frecuentes. La intensidad de estas heladas fue superior a la habitual para el mes de septiembre, en norte de Bs As.

La acumulación de biomasa registró una fuerte asociación con los rendimientos, siendo mayor en la biomasa aérea respecto de la radicular (Tabla 3). Esta asociación se observó tanto en etapas tempranas como tardías. El contenido foliar de N estimado por Spad predijo la respuesta a N (Tabla 3), pero no así a P (Tabla 4). Los rendimientos correlacionaron con la determinación de NDVI, el cual es un fuerte estimador de biomasa aérea, al evaluar la respuesta a N y P.

Los sitios registraron una pobre dotación inicial de P y N (Tabla 2), siendo representativos de la región bajo estudio.

El cultivo demostró susceptibilidad a deficiencias de NP, y alta eficiencia agronómica a su aplicación. Se determinó respuesta estadística a N en Pergamino y San Antonio de Areco ($LSD = 0,05$). La oferta global que maximizó rendimiento fue de 153 kgN ha^{-1} (suelo 0-40 cm + fertilizante), siendo comparable a la observadas por Melchiori et al., (2014), y algo superior al determinado por Fontanetto et al., (2008). Asimismo, se determinó respuesta estadística a P, nutriente a cuya deficiencia el cultivo presentó singular sensibilidad, disminuyendo dramáticamente la biomasa y cobertura. Por el contrario, se registró escasa respuesta a S, a pesar de observar diferencias visuales durante el ciclo de cultivo.

Los resultados obtenidos permiten aceptar parcialmente la hipótesis 1, que sugieren un efecto significativo de la fertilización con NP, aunque al menos en este experimento la respuesta a S fue más difusa. La hipótesis 2 es aceptada, determinando preliminarmente un umbral de 153 kg N ha^{-1} (suelo 0-40 cm + fertilizante) para alcanzar el rendimiento máximo.



Fotografía 1: Volumen de biomasa y crecimiento radicular. Izquierda: Fertilizado con P- N160 – derecha: Fertilizado con P – N0.



Fotografía 2: Respuesta a la fertilización fosforada. Izquierda: Superfosfato triple de calcio 100 kg ha^{-1} . Centro: Control sin fertilización fosforada. Derecha: Superfosfato triple de calcio 150 kg ha^{-1} . Nótese el retraso fenológico en ausencia de fertilización fosforada.



Fotografía 3: *Respuesta a la fertilización nitrogenada. Izquierda: Nitrógeno 100 kg ha⁻¹. Derecha: Nitrógeno 40 kg ha⁻¹.*



Fotografía 4: *Respuesta a la fertilización nitrogenada. Izquierda: Testigo¹. Derecha: Nitrógeno 120 kg ha⁻¹ (S.A. de Areco)*

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- * Chamorro, A. M. (2018). Análisis del impacto sobre la sustentabilidad de la difusión de la colza y de la cebada en reemplazo del trigo en la secuencia trigo/soja 2ª en el Partido de Tres Arroyos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata (UNLP)-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAF)).
- * Chamorro, A. M., & Tamagno, N. (2015). Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*). Revista de la facultad de Agronomía, La Plata, 105(2), 53-62.
- * Gómez, N. V., Miralles, D. J., Mantese, A. I., Menéndez, Y. C., & Rondanini, D. P. (2018). COLZA: UN CULTIVO CON HISTORIA EN LA FAUBA. Agronomía & Ambiente, 38(1).
- * Hossain, Z., Johnson, E. N., Blackshaw, R. E., Liu, K., Kapiniak, A., Gampe, C., ... & Gan, Y. (2018). Agronomic responses of *Brassica carinata* to herbicide, seeding rate, and nitrogen on the Northern Great Plains. Crop Science, 58(6), 2633-2643.
- * Iriarte, L. B. (2018). Cultivo de colza en el país: situación actual y perspectivas. Disponible on line. www.inta.gob.ar
- * Lawton, K. (2019). Growing *carinata* in the Southeastern US. Crops & Soils, 52(5), 18-21.
- * Melchiori, R. J. M., Coll, L., Barbagelata, P. A., & Pautasso, J. M. (2014). Respuesta a la fertilización con nitrógeno y azufre en el cultivo de colza. In Actas 1 Simposio Latino Americano de Canola. Passo Fundo, RS, Brasil.
- * Melchiori, R. J., Coll, L., Albarenque, S., Pautasso, J. M., & Kemerer, A. C. (2018). Limitantes nutricionales y variabilidad espacio-temporal del rendimiento en colza. Repositorio INTA. www.inta.gob.ar
- * Mulvaney, M. J., Leon, R. G., Seepaul, R., Wright, D. L., & Hoffman, T. L. (2019). *Brassica carinata* Seeding Rate and Row Spacing Effects on Morphology, Yield, and Oil. Agronomy Journal, 111(2), 528-535.
- * Seepaul, R., Marois, J., Small, I. M., George, S., & Wright, D. L. (2019). *Carinata* Dry Matter Accumulation and Nutrient Uptake Responses to Nitrogen Fertilization. Agronomy Journal.
- * Seepaul, R., Small, I. M., Marois, J., George, S., & Wright, D. L. (2019). *Brassica carinata* and *Brassica napus* Growth, Nitrogen Use, Seed, and Oil Productivity Constrained by Post-Bolting Nitrogen Deficiency. Crop Science, 59(6), 2720-2732.
- * Verma, O. P., Singh, S., Pradhan, S., Kar, G., & Rautaray, S. K. (2018). Irrigation, nitrogen and sulphur fertilization response on productivity, water use efficiency and quality of Ethiopian mustard (*Brassica carinata*) in a semi-arid environment. Journal of Applied and Natural Science, 10(2), 593-600.