

ISSN 2469-164X · Vol. 12. N° 44, Abril 2024 | Pergamino, Bs. As., Argentina

RITA

REVISTA DE
TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA

TEC
NO
LO
GÍ
A
GRO
PE
CUA
RIA



INTA // Ediciones

STAFF

Director EEA Pergamino:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio A. Acciaresi

Editor Responsable:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

Comité Editor:

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina B. Restovich

Dra. (MSci) Ing. Agr. Raquel Defacio

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina M. Cabrini

Méd. Vet. (MSci) Virginia Fain Binda

Méd. Vet. (MSci) María Suárez del Cerro

Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei

Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Ing. Agr. (MSci) Ignacio Terrile

Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

Colaboración Fotográfica de Portada:

Ing. Agr. (MSci) Gustavo N. Ferraris

Colaboradora de Edición:

Lic. Mónica Coronel

DATOS EDITORIALES

Vol. 12. N° 44

Abril 2024.

Pergamino, Bs. As., Argentina

ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria

INTA Pergamino - Buenos Aires

Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5

2700 - Pergamino

Tel.: 02477 439000

<http://argentina.gob.ar/inta>

eeapergamino.rta@inta.gob.ar



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5.
Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

SUMARIO

4

Análisis descriptivo sobre perfiles de resistencia a la penetración vertical del suelo

Javier Elisei.

9

Evaluación de fuentes nitrógeno - azufradas en Carinata

Fernando Jecke, Fernando Mousegne, Gonzalo Santia y Gustavo N. Ferraris.

15

Productividad en soja Enlist y su relación con distintos tratamientos herbicidas y costo económico

David Melián, María V. Buratovich y Horacio A. Acciaresi.

22

Arveja: generación de rendimiento y componentes asociados en distintas variedades

José Andrés Llovet, Gabriel M. Prieto y Braian Gaset.

29

Efecto del mejoramiento de trigo en Argentina sobre la eficiencia del uso de los recursos

Facundo Curin, María E. Otegui y Fernanda González

36

Fuentes fosforadas en *Brassica Carinata*

Gustavo N. Ferraris, Fernando Jecke, Fernando Mousegne, Orlando Vellaz y Gonzalo Santia.

42

Intensificación tecnológica en un nuevo cultivo invernal. Respuesta a la fertilización en *Camelina sativa*

Gustavo N. Ferraris y Ana P. Canu.

48

Estudio de la competencia entre tordillo (*Tordylium maximum* L.) y cultivos de invierno

Gabriel Picapietra y Horacio A. Acciaresi.

54

Respuesta a la altura de pastoreo de festuca alta defoliada según la vida media foliar

Esteban Medina, Ezequiel Pacente, María José Beribe y Ómar Scheneiter

Editorial

Pergamino, abril de 2024

Estimados Lectores:

Un nuevo número de nuestra Revista de Tecnología Agropecuaria está en marcha, resultando ello de sumo valor para nuestra Estación Experimental.

A lo largo de los años la Revista ha sido un medio de interacción y articulación con el Territorio aportando al desarrollo del sistema agropecuario, agroalimentario y agrobiointustrial de la Región y la sustentabilidad territorial.

El contar con este espacio vigente sin dudas muestra a las claras el involucramiento de nuestra Experimental y sus Agencias de Extensión integrantes, con las diferentes problemáticas que atraviesan al Territorio, aportando a la sustentabilidad del mismo.

De ese modo, la Estación Experimental y sus agencias de extensión poseen en la Revista un canal de interacción e intercambio y donde a través de las actividades de los equipos de trabajo se hace evidente el aporte a la innovación tecnológica y organizacional del Territorio, aportando a la equidad social y de sustentabilidad ambiental, viabilizando de manera concreta la misión institucional.

Es oportuno en esta instancia entonces agradecer a los equipos de trabajo de la Estación Experimental y de las Agencias de Extensión por el compromiso con el desarrollo Regional y con el cuidado del ambiente del que nuestra Revista da cuenta.

Dr. (MSci.) Horacio Acciaresi

Director | EEA Inta Pergamino

01

Análisis descriptivo sobre perfiles de resistencia a la penetración vertical del suelo

JAVIER ELISEI¹,*

¹ Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA), Estación
Experimental Agropecuaria Pergamino.
Manejo de Cultivos. (Argentina).

* elisei.javier@inta.gob.ar

En el presente trabajo son detalladas las características de los perfiles de resistencia a la penetración vertical del suelo de un conjunto de estudios de casos realizados en el área de influencia de EEA INTA Pergamino. Las prácticas de manejo de suelo y cultivo configuraron diferentes propiedades en los mismos.

Palabras clave: Penetrometría, Penetrómetro de golpes, Estructura de suelo.

Introducción

La resistencia a la penetración vertical del suelo (RPV) es utilizada para evaluar los efectos del manejo sobre la condición física del suelo y su relación con el crecimiento de las raíces y la productividad de los cultivos (Perumpral, 1987).

Gráficamente los datos de RPV en los diferentes rangos de profundidad se pueden representar en un perfil (PRPV), en el cual es posible discernir capas duras en suelo húmedo. Las características del PRPV dependerá de las propiedades del tránsito agrícola, el sistema de labranza, la secuencia de cultivos y el tipo de suelo.

El objetivo del presente trabajo fue presentar y remarcar las características de los PRPV afectados por diferentes prácticas de manejo del suelo y cultivo.

Materiales y Métodos

Para tal objetivo fue utilizado un penetrómetro de golpes (Figura 1) el cual constaba de una pesa de 2 Kg. con una caída libre de 0,5 m. Presentaba una punta cónica con un ángulo de 60° y un diámetro del área circular de 0,022 m.

En el otoño - invierno del año 2021, en la zona de influencia de la EEA INTA Pergamino, fue seleccionado un grupo de lotes con suelos argiudoles típicos. En cada uno de ellos (estudio de caso), sobre una zona homogénea y representativa fueron realizadas

20 repeticiones (fuera de las huellas generadas por tránsito agrícola, sin pisoteo animal o corrida de agua). En cada repetición fue determinado el nro. de golpes cada 0,05 m hasta 0,3 m de profundidad.

Cada golpe correspondió a una presión de 275 kilopascuales (kPa), valor determinado en base al área lateral del cono. Asimismo, fue medida la humedad gravimétrica del suelo en los rangos de profundidad: 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm.



Figura 1. Penetrómetro de golpes utilizados en los muestreos.

Los valores de RPV fueron corregidos a 23 % de humedad gravimétrica (suelo húmedo) ante los diferentes rangos de profundidad (Elisei, 2017)

Con la información de RPV corregida por humedad gravimétrica del suelo en cada rango de profundidad a través de las 20 repeticiones se realizaron los

gráficos de cajas (Balzarini *et al.*, 2015; Figura 2) quedando definido el PRPV en cada estudio de caso.

Además se recopiló la información sobre el manejo realizado en cada lote muestreado durante las últimas campañas agrícolas.

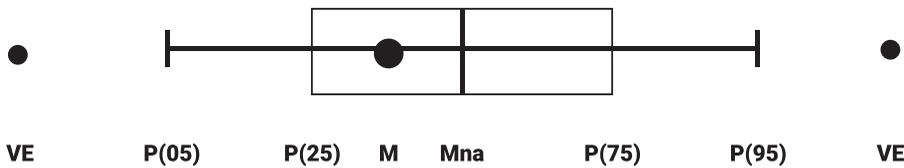


Figura 2. Gráfico de cajas para cada rango de profundidad: **VE:** valor extremo. **P (05):** percentil 5. **P (25):** percentil 25. **P (75):** percentil 75. **P (95):** percentil 95. **M:** media. **Mna:** mediana.

Además se recopiló la información sobre el manejo realizado en cada lote muestreado durante las últimas campañas agrícolas.

Resultados y Discusión

A continuación se presentan los PRPV ante los diferentes estudios de casos. En la Figura 3 prevalecen elevados valores de RPV alrededor de los 10-15 cm de profundidad presentando una media de 4500 kPa aproximadamente y un percentil (25) arriba de 4000 kPa. Este es un PRPV afectado por tránsito agrícola con alta presión en la zona de contacto rueda-suelo y/o elevada humedad edáfica al momento de circulación de la maquinaria.

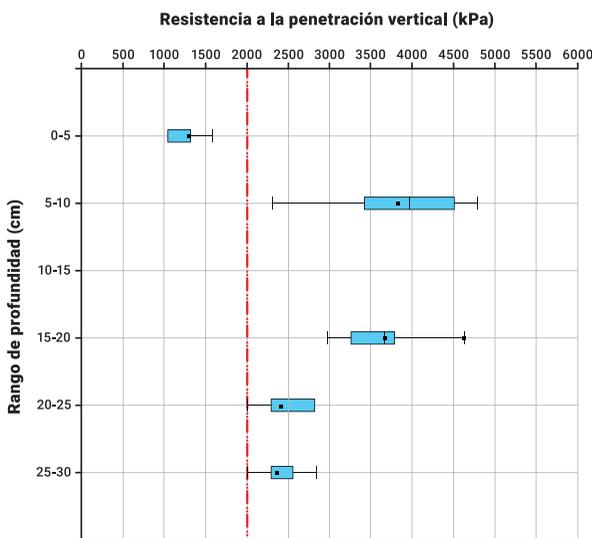


Figura 3. PRPV ante tránsito agrícola pesado. Línea punteada roja: línea de corte a los 2000 kPa.

El PRPV de la Figura 4 presenta valores bajos en los primeros 10 cm de profundidad generados por una secuencia de cultivos compuesta por cultivo de cobertura en invierno y gramínea en verano. Mientras que por debajo de los 15 cm y hasta los 30 cm de profundidad el perfil está afectado por tránsito agrícola pesado dado que los valores promedio superan los 2500 kPa.

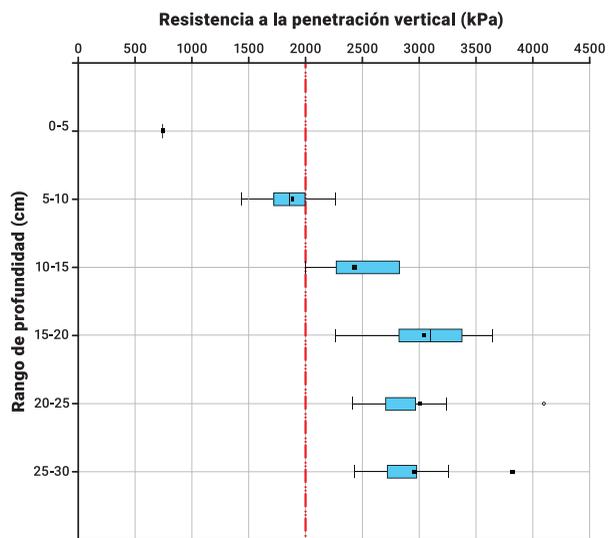


Figura 4. PRPV bajo secuencia de cultivos intensa y tránsito pesado. Línea punteada roja: línea de corte a los 2000 kPa.

En la Figura 5 es presentado un PRPV sobre un lote con pastura consociada en el cuarto año de producción. Se observa altos valores de RPV y muy dispersos en el rango 5-10 cm como consecuencia del pisoteo animal ante altas cargas instantáneas. Asimismo, las labores utilizadas para la preparación de la cama de siembra y la siembra de la pastura generaron los altos valores entre 10 y 25 cm de profundidad.

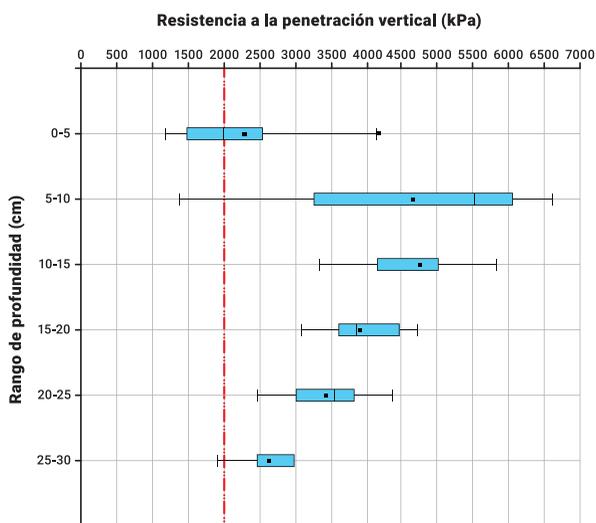


Figura 5. PRPV sobre un lote con pastura consociada. Línea punteada roja: línea de corte a los 2000 kPa.

En la Figura 7 es mostrado el PRPV correspondiente a un lote con labranza superficial. En los primeros 10 cm de profundidad presenta valores bajos de RPV siendo la media inferior a 700 kPa. Mientras que esta supera los 2500 kPa entre 10 y 20 cm de profundidad.

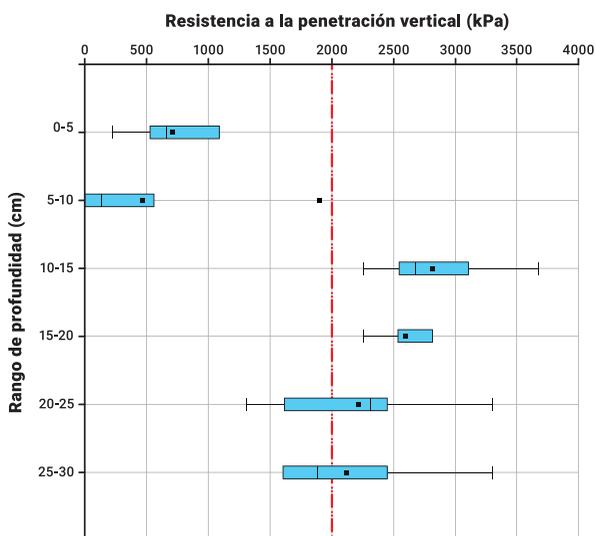


Figura 7. PRPV sobre un lote con labranza superficial. Línea punteada roja: línea de corte a los 2000 kPa.

El PRPV sobre un lote afectado por el riego y el tránsito agrícola bajo producción de semilla híbrida de maíz es expuesto en la Figura 6. Consistentemente los valores de RPV superan los 3500 kPa entre los 5 y 25 cm de profundidad.

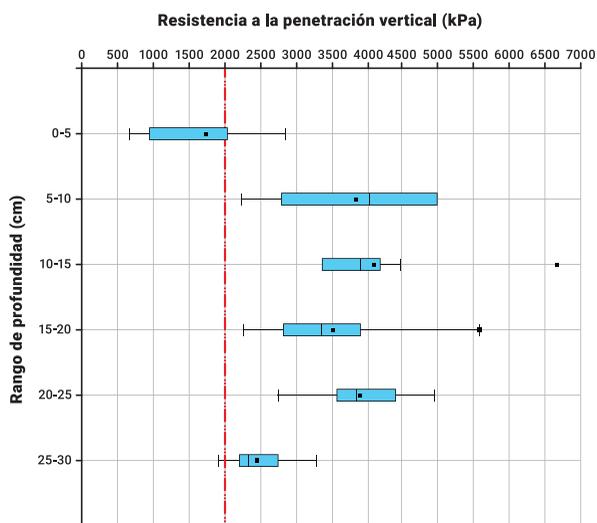


Figura 6. PPRPV sobre un lote para producción de semilla. Línea punteada roja: línea de corte a los 2000 kPa.

Asimismo, todos los estudios de casos presentaron valores de RPV superiores a los 2000 kPa en varios rangos de profundidad. Estos valores generan un ambiente poco propicio para el crecimiento de las raíces (Treadgill, 1982).

Por otra parte, los PRPV permiten localizar el muestreo de otras variables como por ejemplo la densidad aparente y la tasa de infiltración. Asimismo, brinda información para regular equipos de labranzas como también para definir diferentes estrategias de manejo del lote a futuro.

Conclusiones

Los PRPV fueron sensibles a los cambios en el manejo del suelo y el cultivo aportando al diagnóstico de la condición física de los horizontes superficiales del suelo.

Bibliografía

Balzarini, M. G.; Di Rienzo, J. A.; Tablada, E. M.; Gonzalez, L. A.; Bruno, C.; Córdoba, M.; Robledo, C. W.; Casanoves, F. 2015. *Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de InfoStat en problemas de agronomía*. Editorial Brujas.

Elisei, J. 2017. *Influencia de la humedad del suelo en la resistencia a la penetración vertical*. En: Revista de Tecnología Agropecuaria 10 (33): 18-20.

Perumpral, J. V. 1987. *Cone penetrometer application: A review*. En: Transactions of the ASAE 30 (4): 939-944.

Treadgill, E. 1982. *Residual tillage effects as determined by cone index*. En: Transactions of the ASAE 25: 859-863, 867

02

Evaluación de fuentes nitrógeno - azufradas en Carinata

FERNANDO JECKE^{1,*}
FERNANDO MOUSEGNE¹,
GONZALO SANTIA¹
Y GUSTAVO N. FERRARIS²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco. (Argentina)

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de cultivos. (Argentina)

* jecke.fernando@inta.gob.ar

Brassica carinata L. es un nuevo cultivo que está creciendo debido a la necesidad de una producción agrícola más diversificada y amigable con el medio ambiente. Se evaluaron fertilizantes nítricos y azufrados con distinto nivel de susceptibilidad a la volatilización encontrándose una respuesta positiva en aquellos con menor nivel de exposición a la misma en condiciones de ausencia de precipitaciones posteriores a la aplicación.

Palabras clave: *Brassica carinata*, Intensificación, Nitrógeno, Azufre y Eficiencia.

Introducción

Brassica carinata L. (colza etíope, mostaza etíope o mostaza abisinia) es una especie perteneciente a la familia de las crucíferas o *Brassicaceae* que se cultiva como comestible en regiones de África (Alemayehu y Becker, 2001) aunque tiene generalmente altos niveles de glucosinolatos indeseables y ácido erúxico (Getinet *et al.*, 1997), por lo que ha sido reemplazada con este fin por *Brassica napus* (Colza) con la que se encuentra estrechamente relacionada.

Actualmente, su cultivo está en auge ya que a partir de su aceite se obtiene un biocombustible para uso en aviación comercial que permite emitir un 68 % menos de dióxido de carbono a la atmósfera. 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. La identificación de fuentes más eficientes representa una ventaja económica y ambiental. Es relevante validar esta jerarquía entre fertilizantes, en una campaña de alto rendimiento.

Por ello el objetivo de este experimento es evaluar la respuesta y eficiencia agronómica de diferentes fuentes nitrogenadas y nitrógeno-azufradas, a igual dosis de producto comercial en la especie *Brassica carinata* L.

Materiales y Métodos

Durante el año 2023, se condujeron dos experimentos de fertilización a campo con la especie *Brassica carinata* L. Uno de ellos se condujo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol vértico, sembrado el día 7 de Junio en siembra directa; mientras que el segundo se implantó en la Unidad Demostrativa Agrícola de la AER San Antonio de Areco, sobre un suelo Serie Capitán Sarmiento, Argiudol vértico. Se sembró el día 13 de Junio de 2023 en siembra directa.

En ambos casos, se utilizó el híbrido Nuseed Nujet 350 a una densidad de 140 pl/m² y con distanciamiento de 0,2 m entre líneas. Se utilizaron 2 a 2,5 l/ha de Trifluralina 60 % fotoestable como preemergente. Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de los insecticidas Lambdacialotrina + Clorantraniliprole,

para controlar pulgón (*Brevicoryne brassicae* L.) y la oruga de las crucíferas (*Plutella xylostella*). Todas las parcelas recibieron una fertilización de base con superfosfato triple de calcio (0-20-0). Los fertilizantes nitrogenados se aplicaron en superficie equiparados a la dosis de 80 kg/ha de N, en postemergencia muy temprana. Los ensayos tuvieron un diseño en bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones y los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. Por su parte, los análisis de suelo de los sitios se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización evaluados. Las dosis fueron equiparadas a 80 kgN/ha¹.

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Testigo	0 kg/ha
T2	Urea (46-0-0)	173 kg/ha
T3	Urea protegida con NBPT (46-0-0)	173 kg/ha
T4	Nitrodoble (27-0-0)	296 kg/ha
T5	Sol Mix 28:5 (28-0-0-S 5,2)	216 lt/ha
T6	Sulfato de amonio (21-0-0-S24)	380 kg/ha

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra.

Profundidad	pH	CE	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5	dS/m ¹	%	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Pergamino						
0-20 cm	5,8	0,05	2,23	10,3	35,6	10,3
20-40 cm					24,1	
S. A. de Areco						
0-20 cm	6,0	0,09	4,00	13,1	16,6	
20-40 cm					8,5	

La identificación de los diferentes estadios de desarrollo del cultivo de *Brassica carinata* L. fue realizado a través de la escala de CETIOM (Agosti *et al.*, 2009).

En plena floración fueron determinadas las siguientes variables: biomasa aérea (BA) en floración plena (F2) sobre dos metros lineales del cultivo. En el mismo estadio, se midió NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) por Green seeker, intercepción de la radiación fotosintéticamente activa mediante un radiómetro lineal, se evaluó vigor aéreo por simple observación en una escala de 1 a 5, donde 3 es el

valor asignado al tratamiento testigo mientras que de 1 a 2,9 es peor que el testigo y de 3,1 a 5 es mejor que este. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Previo a la misma se determinó altura de plantas. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza, comparaciones de media por método de LSD al 0,05 y análisis de regresión. Sobre una muestra de cosecha se cuantificó el peso de los granos, y se calculó el número de granos (NG).

Resultados y Discusión

El cultivo se desarrolló en una campaña con condiciones ambientales muy adecuadas para la especie. El invierno fue templado y seco, mientras que el regreso de las precipitaciones desde septiembre en adelante junto con la ausencia de golpes de calor ni lluvias excesivas en noviembre permitieron condiciones de llenado muy favorables. Las precipitaciones fueron 308,1 mm en Pergamino y 363 mm en San Antonio de Areco.

En la Tabla 3 y 4 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo en ambas localidades, mientras que en la Figura 1 y 2 los rendimientos como resultado del agregado de NS.

Las variables intermedias reflejaron el efecto de tratamiento y presentaron buena correlación con rendimiento. En Pergamino la principal asociación se encontró en el vigor, intercepción y NG (Tabla 3). En San Antonio de Areco la relación entre variables fue aún mayor, destacando a NDVI, Vigor, biomasa verde, altura de las plantas, NG y PG (Tabla 4).

Tabla 3. NDVI por Green seeker, vigor, biomasa seca aérea (BA) en floración plena (F2), altura final de las plantas, intercepción, número (NG) y peso (PG) de los granos. Localidad: Pergamino.

T	Tratamientos	NDVI F2	Vigor (1-5)	BA F2 (kg/ha)	Altura (cm)	Intercepción F2 (%)	NG m ²	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	0,55	3	14035	118	94,1	81560	4
T2	Urea	0,57	3,5	16321	125	95,3	124280	3,8
T3	Urea + NBPT	0,57	3,7	15298	126	96,2	126490	4,1
T4	Nitrodoble	0,58	3,7	18572	131	98,9	124620	3,9
T5	Sol Mix 28:5	0,60	3,5	16756	130	96,2	110930	4
T6	Sulfato de amonio	0,59	3,4	15991	132	95,6	137900	3,8
	R² vs rend	0,07	0,76	0,32	0,34	0,65	0,45	0,03

En **Pergamino**, los rendimientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0009$, $cv=12,0\%$). Nitrodoble y Urea tratada con NBPT alcanzaron un rendimiento superior. Entre aplicación y lluvia transcurrieron 23 días, de modo que aquellas fuentes menos expuestas a

volatilización mostraron ventajas, aun con las temperaturas bajas del invierno. En un nivel intermedio se encuentra sulfato de amonio, con fuerte aporte de S, relegando a SolMix y Urea. No hubo diferencias significativas en el rendimiento entre urea, sulfato de amonio y SolMix.

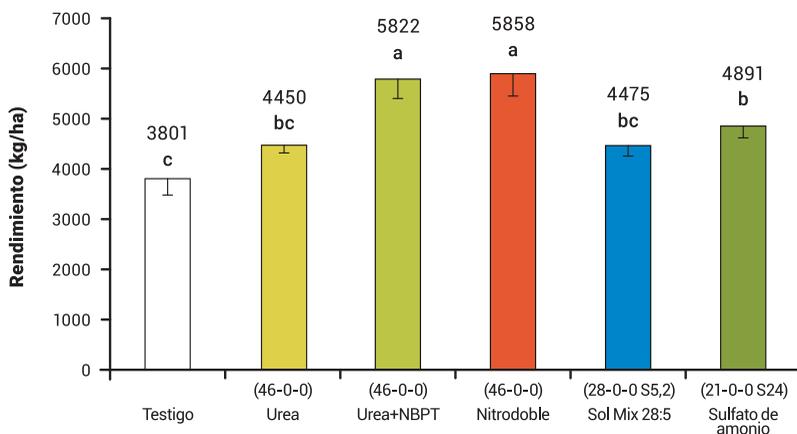


Figura 1. Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante nitrogenado. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $a=0,05$, $dms=883$ kg/ha). INTA Pergamino, año 2023.

Tabla 4. NDVI por Green seeker, vigor, biomasa verde aérea (BA) en floración plena (F2), altura final de las plantas, intercepción, número (NG) y peso (PG) de los granos. Localidad: San Antonio de Areco.

T	Tratamientos	NDVI F2	Vigor (1-5)	BA F2 (kg/ha)	Altura (cm)	Intercepción F2 (%)	NG m ²	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	0,64	3,0	52719	133	97,2	109190	3,1
T2	Urea	0,66	3,4	58750	126	97,2	113550	3,5
T3	Urea + NBPT	0,66	3,5	56281	124	97,2	122370	3,3
T4	Nitrodoble	0,65	3,5	58125	137	98,8	121880	3,5
T5	Sol Mix 28:5	0,67	3,4	60375	126	97,7	125730	3,5
T6	Sulfato de amonio	0,67	3,5	55844	135	98,1	128350	3,1
	R² vs rend	0,60	0,59	0,82	0,90	0,34	0,56	0,51

En **San Antonio de Areco**, las variaciones en rendimiento se explican a nivel de tendencia ($p=0,58$, $cv=19,2\%$) y no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los fertilizantes se aplicaron antes de una lluvia de 16 mm que permitió la incorporación y, por esta causa, las fuentes menos expuestas a la volatilización no mostraron una ventaja comparativa frente a la urea tradicional. En este caso, SolMix y Nitrodoble presentaron buen comportamiento, apoyando

la hipótesis de aporte de S y solubilidad, respectivamente, como atributos relevantes.

Los altos rendimientos alcanzados en ambos sitios no permitieron que la dotación inicial de N del suelo sea suficiente para cubrir las altas demandas de este nutriente por lo que las diferencias que se observan en ambos sitios se atribuyen al efecto de los fertilizantes y su susceptibilidad a la volatilización.

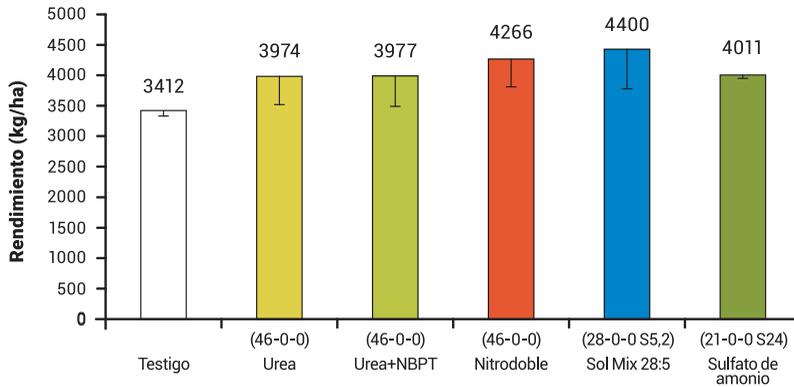


Figura 2: Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante nitrogenado. INTA San Antonio de Areco, año 2023.

Conclusiones

Las brassicáceas confirman una vez más sus altos requerimientos y demanda de NS, presentando elevada respuesta a la fertilización. El aporte de S y la reducción de la volatilización unida a la solubilidad de las fuentes nítricas con baja humedad en suelo y ambiente son atributos que mejoran el comportamiento de los fertilizantes.

Bibliografía

Agosti, M. B.; Gomez, N. V.; Vilariño M. P.; Miralles D. J. 2009. *Fenología y generación del rendimiento y la calidad de canola*. En: Congreso "A Todo Trigo". 14 y 15 de mayo, Mar del Plata. Federación de Acopiadores de Granos.

Alemayehu N.; Becker H. C. 2001. *Variation and inheritance of erucic acid content in Brassica carinata germplasm collections from Ethiopia*. En: Plant Breeding 120: 331-335.

Getinet, A.; Rakow G.; Raney J. P.; Downey R. K. 1997. *The inheritance of erucic acid content in Ethiopian mustard*. En: Canadian Journal of Plant Science 77:33-41.

03

Productividad en soja Enlist y su relación con distintos tratamientos herbicidas y costo económico

**DAVID MELIÓN^{1,*},
MARÍA V. BURATOVICH²
Y HORACIO A. ACCIARES^{2,3}**

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Agencia de Extensión Rural Bragado. (Argentina).

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Malezas. (Argentina)

³ Comisión de Investigaciones Científicas. Buenos Aires, Argentina.

*melion.david@inta.gob.ar

Para evaluar el efecto fitotóxico y el rendimiento en grano de soja de la tecnología Enlist, se implantó un experimento en Alberti (Bs As). Se sembraron dos variedades de soja con distintas tecnologías y se aplicaron distintos tratamientos herbicidas. Se evaluó el número de nudos, fitotoxicidad, rendimiento y costo de los tratamientos. El empleo de soja con tecnología Enlist no implicó pérdidas de rendimiento.

Palabras clave: Malezas, Rendimiento, Fitotoxicidad, Enlist.

Introducción

La soja es el cultivo estival de mayor difusión en la región pampeana. Así, durante la campaña 2023/24 se sembraron 17,3 millones de hectáreas (BCR, 2024). La biotecnología aplicada al cultivo inicia en 1998, cuando se introdujo el evento GTS 40-3-2 (Roundup Ready™ - RR1), proporcionando resistencia al herbicida glifosato. Otra tecnología de resistencia a herbicidas es Liberty Link® - LL (A2704-12 y A5547-127), que otorga resistencia a glufosinato de amonio. Por último, se introdujo el evento DAS44406-6 (Enlist E3™ - E3) confiriendo resistencia a glifosato, 2,4-D y glufosinato (Silva *et al.*, 2018).

La tecnología Enlist es parte de un programa de control para optimizar el manejo de malezas del cultivo de soja. La implementación busca ampliar las alternativas de control mediante el empleo de herbicidas de distintos modos de acción. El nivel de adopción de esta tecnología es incipiente. En este sentido, se hace necesario experimentar en condiciones de campo a los efectos de generar información que permita sustentar el proceso de toma de decisiones e incluso poder comparar la tecnología con otras alternativas. Asimismo, existen en el mercado productos foliares para acompañar tratamientos de postemergencia que permitirían una mejor recuperación del cultivo frente a posibles efectos fitotóxicos, cuya eficacia debe ser evaluada.

Por ello, los objetivos del presente trabajo fueron 1. Determinar el posible efecto fitotóxico de distintos tratamientos de herbicidas sobre soja con tecnología Enlist respecto de aquellas RR1, determinando la productividad en grano, y 2. Comparar los costos derivados de cada tecnología de manejo.

Materiales y Métodos

Los estudios se llevaron a cabo en un lote cercano a la localidad de Plá (35° 4'45.50"S, 60°13'26.99"O), localizada en el partido de Alberti, provincia de Buenos Aires, Argentina durante la campaña de cultivos de verano 2020-2021.

Se sembraron dos variedades de soja: ST40eb20 (con tecnología Enlist) y DM46R18STS (con tecnología RR1). La fecha de siembra fue el 5 de noviembre de 2020, a una distancia de 21 cm entre hileras y una

densidad de siembra de 40 pl/m². Con el objetivo de homogeneizar el lote, previo a la siembra de soja se aplicó glifosato, s-metolacloro y sulfentrazone a las dosis recomendadas por marbete. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones con unidades experimentales de 1,4 m de ancho y 5 m de largo.

El 4 de enero de 2021, en el estado fenológico V8-V9 del cultivo, se aplicaron los distintos tratamientos herbicidas (Tabla 1). Además, se dejó un testigo sin tratamientos, como control negativo. Para la aplicación se utilizó una mochila experimental de CO², con un volumen de aplicación de 100 l/ha y un botalón de 1,5 m de ancho con cuatro picos abanico plano. Además, se utilizó un fertilizante foliar compuesto por fosfato de potasio, molibdato de amonio, ácido bórico y agua. Al realizar las aplicaciones el experimento estaba libre de malezas.

Tabla 1. Tratamientos y dosis utilizadas en el experimento. i.a: ingrediente activo utilizado. Plá, Buenos Aires, Argentina, 2020-2021.

Tratamiento	Dosis (l/ha)	i.a.
T1 Control negativo		
T2 Enlist	1,8	Sal colina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 66,9 g
T3 Fomesafen	1,2	Fomesafen 25 g
T4 Enlist + Fertilizante foliar	1,8 + 0,75	Sal colina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 66,9 g + fertilizante foliar
T5 Glufosinato de amonio + Fert foliar	3,5 + 0,75	Glufosinato de amonio (20%) + fertilizante foliar

A los 7, 14 y 21 días desde la aplicación (DDA) de los tratamientos herbicidas, se cuantificó la cantidad de nudos y la fitotoxicidad en soja. Para esto, se recolectaron al azar diez plantas, y se determinó el porcentaje de fitotoxicidad calculando la proporción de nudos afectados sobre el total. La fitotoxicidad se determinó por estimación visual por cambio de color, forma y en algunos casos senescencia de las hojas asociadas a los nudos.

Además, para cuantificar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento en grano, en madurez fisiológica

se realizó la cosecha recolectando la parcela completa con cosechadora experimental. Se pesaron las muestras para determinar el rendimiento en grano. Se calcularon los costos de los distintos tratamientos a partir de los valores corrientes de los diferentes herbicidas, relevados en agronomías locales.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el programa estadístico Infostat de acuerdo con el diseño experimental utilizado. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test DGC ($p < 0,05$) (Di Rienzo, Guzmán, y Casanoves; 2002).

Resultados y Discusión

En el periodo de septiembre de 2020 a abril de 2021 se registraron 601 mm de precipitaciones acumuladas, un 23,5 % inferior al histórico para la serie (1921-2024) para el mismo periodo. Previo a la siembra, desde junio a noviembre ocurrieron 297,6 mm. Las precipitaciones permitieron lograr un cultivo de buen desarrollo y porte adecuado.

Fitotoxicidad de herbicidas

De acuerdo con los resultados obtenidos, se registraron diferencias significativas entre variedades, tratamientos herbicidas y en la interacción variedad*tratamiento. No se registraron síntomas de fitotoxicidad en la variedad de soja ST40eb20 (con tecnología Enlist) con los tratamientos T2 Enlist y T4 Enlist + fertilizante foliar a los 7, 14 y 21 DDA (Figura 1). Por este motivo, desde la mejora en la tolerancia, no se registró un beneficio adicional al incorporar el fertilizante foliar. En el caso del T5 Glufosinato + fertilizante foliar, tampoco se registró fitotoxicidad, no existiendo en el experimento el tratamiento Glufosinato solo como para comparar el beneficio de agregar fertilizante foliar a dicho tratamiento.

En la variedad DM46R18STS, a los 7 DDA se registró la mayor fitotoxicidad con los tratamientos T5 Glufosinato + fertilizante foliar, T4 Enlist + fertilizante foliar y T2 Enlist, sin diferencias significativas entre estos, con un promedio de 56,7 % (Figura 1). A los 14 DDA se registró la mayor fitotoxicidad con el tratamiento T5 Glufosinato + fertilizante foliar, con un promedio de 73,3 %. Por último, a los 21 DDA, T5 Glufosinato + fertilizante foliar y T4 Enlist + fertilizante foliar registraron la mayor fitotoxicidad con un promedio de 66,6 % (Figura 1).

En ambas variedades de soja, el tratamiento T3 Fomesafen registró muy bajos niveles de fitotoxicidad no superando el 10 % en los tres momentos evaluados.

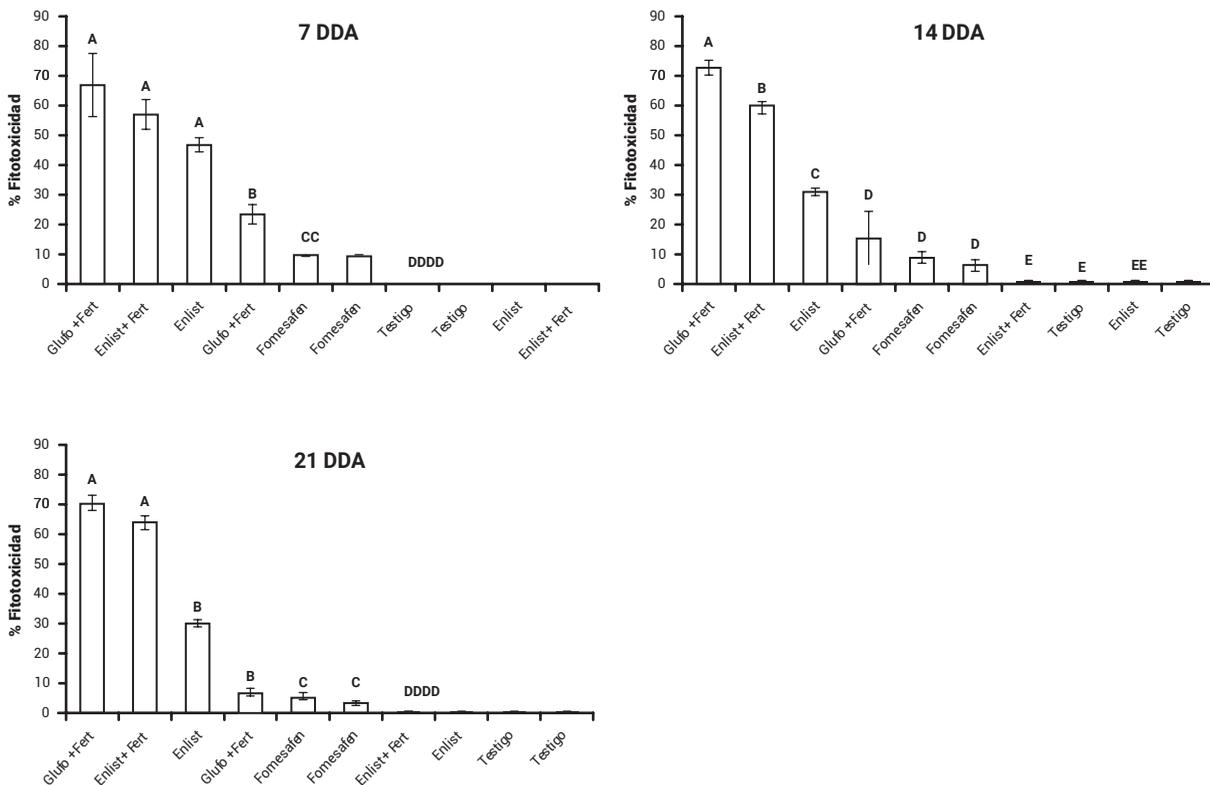


Figura 1. Fitotoxicidad (%) en variedades de soja: ST40eb20 con tecnología Enlist (barras rayadas) y DM46R18STS con tecnología RR1 (barras vacías) a los 7, 14 y 21 días desde la aplicación (DDA), respectivamente. **Glufo:** Glufosinato de amonio, **Fert:** fertilizante foliar. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo con el test DGC. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar.

Número de nudos por planta

De acuerdo a los resultados obtenidos, se registraron diferencias significativas en el número de nudos por planta a los 21 DDA entre las dos variedades. Según los resultados de los 7 y 14 DDA, no se registraron diferencias significativas en el número de nudos por planta entre las dos variedades de soja sembradas, y tampoco entre herbicidas utilizados. Así, el promedio de nudos por planta de soja fue de 10 y 11 a los 7 y 14 DDA, respectivamente. A los 21 DDA, se registraron diferencias significativas en el número de nudos por planta entre ambas variedades de soja, así como también en la interacción variedad*tratamiento herbicida. Así, la variedad ST40eb20 registró mayor cantidad de nudos sin diferencias significativas entre los tratamientos herbicidas y con la variedad DM46R18STS en el tratamiento testigo,

con un promedio de 13 nudos por planta (Figura 2). La variedad DM46R18STS registró menor número de nudos sin diferencias significativas entre los tratamientos con un promedio de 11 nudos por planta (Figura 2).

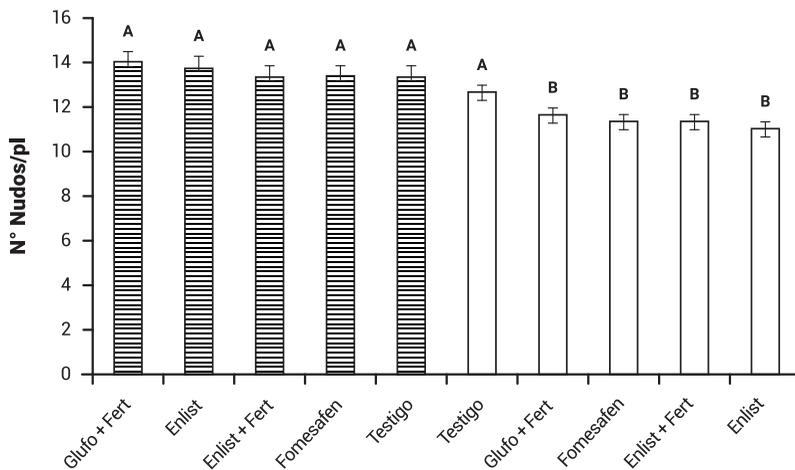


Figura 2. Número de nudos por planta (N° nudos/planta) en variedades de soja: ST40eb20 con tecnología Enlist (barras rayadas) y DM46R18STS con tecnología RR1 (barras vacías) a los 21 días desde la aplicación. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo con el test DGC. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar.

Rendimiento en grano

De acuerdo con los resultados obtenidos, se registraron diferencias significativas en la productividad en grano de soja entre las variedades, tratamientos herbicidas y la interacción variedad*tratamiento. Así, la menor productividad en grano se registró en la variedad de soja DM46R18STS con tratamientos T4 Enlist + fertilizante y T5 Glufosinato + fertilizante, sin diferencias significativas entre ellos, con un promedio de 1584 kg/ha (Figura 3). Luego, con tratamiento T2 Enlist registró una productividad media, con un

promedio de 2829 kg/ha. Esto es esperable dado que esta variedad de soja no dispone de resistencia a Enlist o Glufosinato, y registró un elevado porcentaje de fitotoxicidad.

La variedad de soja ST40eb20 registró la mayor productividad en grano, sin diferencias significativas entre tratamientos herbicidas, así como tampoco con la variedad DM46R18STS aplicada con Fomesafen o Testigo, con un promedio de 5037 kg/ha (Figura 3). Si

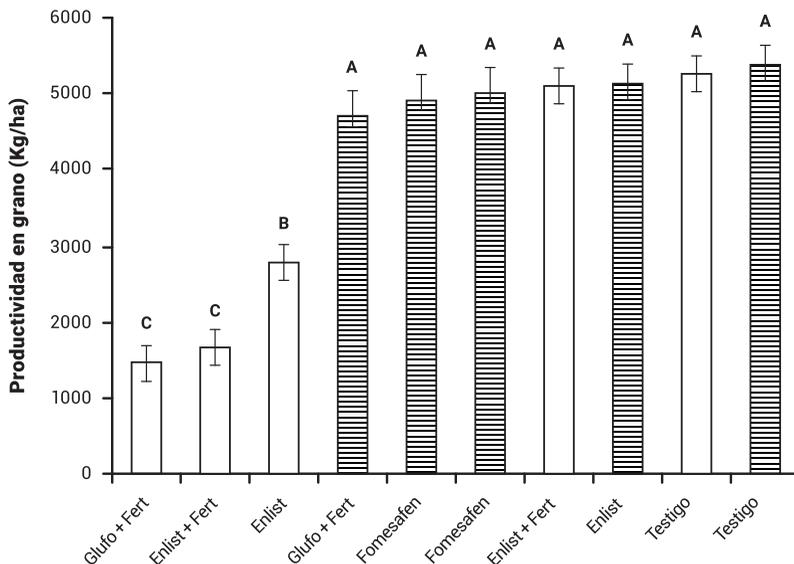


Figura 3. Productividad en grano en variedades de soja: ST40eb20 (barras rayadas) y DM46R18 STS (barras vacías) **Glufo:** Glufosinato de amonio, **Fert:** fertilizante foliar. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo con el test DGC. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar.

bien en la variedad ST40eb20 el tratamiento T4 Enlist + fertilizante foliar rindió más que T2 Enlist la diferencia no fue significativa. Existen antecedentes donde registraron

aumento en el número de vainas por planta de soja al emplear bioestimulantes (Samudio Cardozo, 2020).

Análisis económico

En la Tabla 2 se presentan los costos de cada tratamiento. El T5 Glufosinato + fertilizante fue el más caro, con un costo de 40,88 U\$S/ha mientras que el más económico fue el tratamiento T1 testigo, siendo además, en ambas variedades de soja, el que registró la mayor productividad sin diferencias en la productividad con otros tratamientos herbicidas. Vale mencionar nuevamente, que esta situación se vio favorecida por la ausencia o baja presión de

malezas en el experimento. Tampoco hubo diferencias significativas en la productividad en grano entre el tratamiento con Fomesafen en ambas variedades respecto al tratamiento con 2,4D sal colina en la soja Enlist, existiendo un costo en herbicida adicional por hectárea de U\$S 1,80 sumado al pago por el uso de la tecnología requerido por las empresas obtentoras de variedades Enlist.

Tabla 1. Tratamientos y dosis utilizadas en el experimento. i.a: ingrediente activo utilizado. Plá, Buenos Aires, Argentina, 2020-2021.

Tratamiento	Dosis utilizadas	U\$S/l	U\$S/ha
T1 Control negativo			0
T2 Enlist	1,8	6,60	11,88
T3 Fomesafen	1,2	8,40	10,08
T4 Enlist + Fertilizante foliar	1,8 + 0,75	6,60 +16,00	23,88
T5 Glufosinato de amonio + Fert foliar	3,5 + 0,75	8,25 +16,00	40,88

Conclusiones

El empleo de soja con tecnología Enlist no implicó pérdidas en la productividad en grano comparada con otros tratamientos herbicidas de postemergencia. Además, los tratamientos herbicidas recomendados no generaron síntomas de fitotoxicidad en la soja Enlist. Con baja presión de malezas, los testigos en ambas variedades alcanzaron los mayores rendimientos. La comparación con el tratamiento alternativo de Fomesafen, en variedades que carecen de la tecnología, resultó en un costo adicional sin generar una diferencia de rendimiento. De acuerdo

con estos resultados, las variedades Enlist no presentaron síntomas de fitotoxicidad.

Frente a la problemática de malezas, el empleo de esta tecnología surge como una herramienta adicional válida para los sistemas productivos de la región.

Bibliografía

Silva, A. F. M. 2018. *Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência da soja DAS44406-6 (Enlist E3™)*. Tesis. Doctor en Ciencias Fitotecnia. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo (BR), 61 p.

BCR. 2024. *Bolsa de cereales de Rosario GEA | Guía Estratégica para el Agro: Estimaciones de producción*. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea> [consultado: 20 de marzo de 2024].

Samudio Cardozo, G. R. 2020. *Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (Glycine max (L.) Merril)*. Tesis. Magíster en Ciencia del Suelo y Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Asunción, 62 p.

04

Arveja: generación de rendimiento y componentes asociados en distintas variedades

JOSÉ ANDRÉS LLOVET^{1,*},

GABRIEL M. PRIETO²

Y BRAIAN GASET¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de cultivos. (Argentina).

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. AER Arroyo Seco. (Argentina)

* llovet.jose@inta.gob.ar

El cultivo de arveja es una opción invernal que brinda múltiples beneficios a las rotaciones agrícolas. En los últimos años, nuevos genotipos amplían las posibilidades de decisiones agronómicas y alternativas de comercialización. En el presente trabajo se establecieron relaciones entre componentes de rendimiento y características asociadas que pueden ampliar las posibilidades de su adopción.

Palabras clave: Recursos, Intensificación, Sustentabilidad.

Introducción

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una legumbre de ciclo invierno-primaveral que, en nuestro país, es cultivada de manera extensiva desde hace más de siete décadas, principalmente en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos. En los últimos cinco años la superficie sembrada osciló entre 60000 y 110000 has, con producciones totales de 60000 a 214000 tn y rendimientos promedio en torno a 1,1 y 2,6 tn/ha (SAGyP, 2024). El destino de la producción es principalmente la exportación, mientras que el mercado interno es sensiblemente menor, con destino a consumo humano y en menor medida a industria y forraje. Cada uno de ellos con requerimientos específicos de calidad (ej. color, tamaño de grano, etc.). El comercio mundial es de

alrededor de 6,5 millones de tn, siendo los principales importadores China, Turquía, mientras que por el lado de la oferta los principales exportadores son Canadá y Rusia. Del total comercializado en el mundo, el 90 % se trata de arvejas secas amarillas, y el resto es verde o de otros tipos, mientras en Argentina esa relación es inversa: 75 % de lo producido en la campaña 2023-2024 fue de color verde, y el 25 % de color amarillo.

Este cultivo representa una alternativa invernal muy interesante para intensificar la secuencia. A diferencia de gramíneas invernales (ej, trigo, cebada), la arveja es capaz de fijar simbióticamente nitrógeno que la independiza del uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis, además de permitir reducir significativamente la fertilización en cultivos siguientes (ej. maíz de 2da) siendo un aporte en la reducción de la huella de carbono que implica su producción industrial. A su vez, su utilización permite incrementar la eficiencia de uso de recursos ambientales como agua y radiación en periodos de barbecho previo a soja o maíz (Andrade *et al.*, 2015), además de contribuir en el manejo de malezas por competencia. Para aumentar la relevancia de este cultivo como alternativa invernal es importante conocer la amplitud de rendimiento loggable de cultivares disponibles en el mercado local. La adaptabilidad a fechas de siembra (cultivares invernales y primaverales), componentes de rendimiento, características de grano y cómo aprovechan recursos ambientales, brindarían herramientas de utilidad para quienes consideren este cultivo en sus secuencias. Por lo expuesto, este trabajo se centra en analizar los parámetros y variables anteriormente mencionados sobre una amplia base de cultivares de arveja disponibles en el mercado local.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino Argiudol típico, de muy buena aptitud agrícola. Se evaluaron cuatro variedades invernales y quince variedades primaverales, con fecha de siembra 15/06/2023 y 07/07/2023, respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 5 m de largo x 5 surcos de ancho y una distancia entre hileras de 20 cm. El sitio se laboreó superficialmente. Fue necesario el control de plagas (principalmente, Pulgón verde) y enfermedades (Ascochyta). La cosecha se realizó de

manera manual, se secó en estufa a 60°C hasta peso constante y posterior trilla con máquina experimental.

Se cuantificó la interceptación de radiación fotosintéticamente activa (IPAR) mediante el uso de ceptómetro lineal y la evolución del agua útil (AU) en suelo con barreno a 1,4 m de profundidad. Adicionalmente, se cuantificó la eficiencia de uso del agua (EUA) a partir de un balance hídrico ajustado en el período siembra-madurez fisiológica. Se determinó la producción de materia seca total (grano y no grano, MS), rendimiento en grano (RG), número de granos/m² (NG), peso de 1000 granos

(P1000), e índice de cosecha (IC). Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias a través del

test LSD de Fisher, además de un test no paramétrico mediante el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados y Discusión

La IPAR porcentual promedio de variedades invernales mostró, respecto a las primaverales, mayores valores para la misma fecha, mayor porcentaje de interceptación máxima, pero una madurez relativamente adelantada, con un ciclo emergencia-madurez fisiológica de 122 días y 108 días para invernales y primaverales, respectivamente, lo que permitió obtener similar IPAR promedio en ambos planteos (Figura 1a). Es así que se cuantificó en promedio 523,8 Mj/m² y 95,7 % IPARmax en invernales, y 520,1 Mj/m² y 89 % IPARmax en primaverales. Dicha diferencia en IPAR (%) a favor de las invernales radicaría en la mayor estación de crecimiento. No obstante, dentro de las primaverales existió un rango de 83,1 % a 93,5 %, donde se ubicaron Avenger y Orchestra, respectivamente. Estos dos cultivares se diferenciaron estadísticamente ($p < 0,05$) entre sí, sin hacerlo con los otros trece cultivares de IPAR intermedios entre los anteriores extremos. Esto, entre otros aspectos, permitiría detectar cultivares con distinto comportamiento en la captura de radiación lo que podría reflejarse en, por ejemplo, diferencias en la competencia con malezas.

La precipitación acumulada en el periodo siembra-madurez fisiológica fue de 208 mm, obteniéndose en una variedad ejemplo (Carrington, primaveral) un consumo de 323 mm, una eficiencia del uso del agua (EUA) de 11,4 kg grano/mm y 30 kg MS/mm. Esta eficiencia es elevada respecto a otros experimentos, los cuales determinaron 6,9 kg grano/mm (Tula, 2019), y es similar al rango superior obtenido en estudios para la misma región (Andrade *et al.*, 2015). El contenido de AU fue adecuado en la mayor parte del ciclo. Las temperaturas mínimas generaron heladas en el período

post floración (floración promedio 16/9 y 29/9 para invernales y primaverales, respectivamente), pero solo una generó daños menores, el 12/10 (-1°C, abrigo meteorológico) (Figura 1b).

El RG y MS fueron elevados en comparación con producciones comúnmente obtenidas en condiciones comparables. Entre las variedades invernales, no se encontraron diferencias significativas en estas dos variables y NG, pero sí en P1000 e IC ($p < 0,05$) (Tabla 1). En las variedades primaverales, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables. Aquí, se encontró para RG una amplia diferencia entre extremos (2366 kg/ha) indicando mejor desempeño de un grupo reducido de cultivares (Tabla 2). Se observó una relación positiva del RG respecto a MS e IC. Por un lado, las variedades invernales lograron mayor RG respecto a las primaverales para la misma MS alcanzada (Figura 2a). Por otro, las variedades primaverales exploraron todo el rango observado para IC (0,30 a 0,49) y las invernales solo el extremo superior (Figura 2b). Esto indicaría, a pesar de que la cantidad de variedades invernales fue menor a las primaverales, indicios de una mayor partición a grano a favor de las invernales. Respecto a NG y P1000, se determinó un comportamiento diferente en los dos grupos de cultivares: mientras que las variedades invernales tuvieron mayor NG y menor P1000, las primaverales tuvieron menor NG y mayor P1000 para rangos similares de RG. En las variedades invernales el RG se relacionó principalmente al NG, mientras que en las primaverales el RG se explicó tanto por el NG como el P1000 (Figura 2c y d).

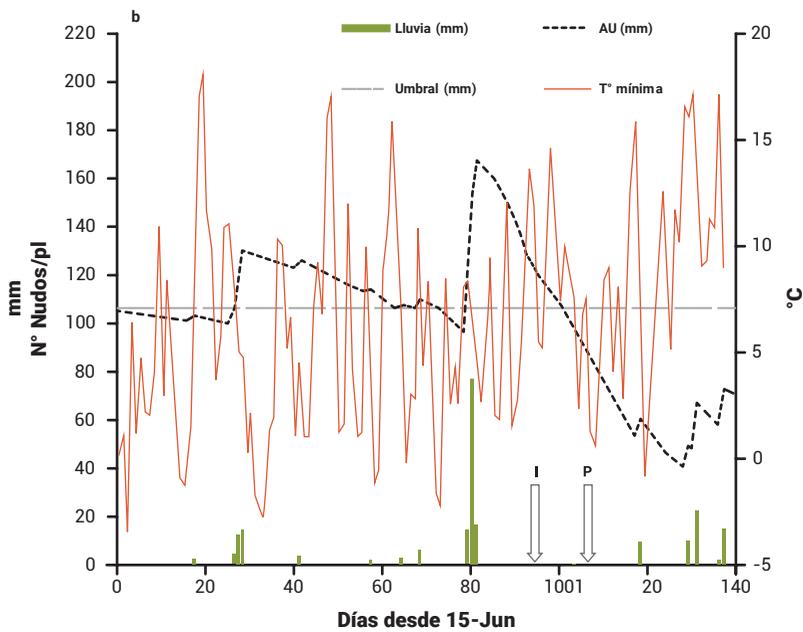
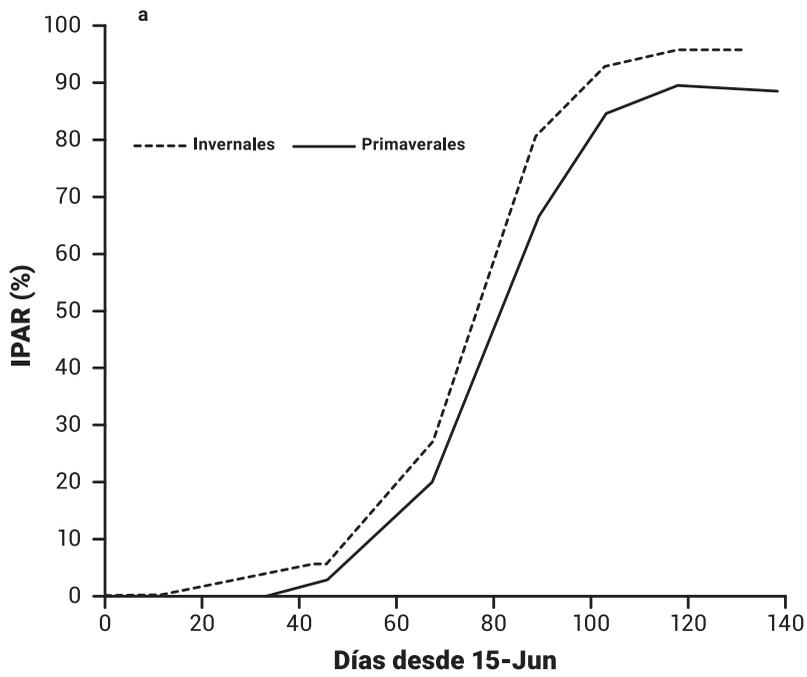


Figura 1. a) Radiación fotosintéticamente activa interceptada porcentual (IPAR %) promedio para ambas FS. **b)** Contenido agua útil (AU) en suelo a 1,2 m de profundidad (variedad primavera Carrington), precipitaciones y temperatura mínima. Flechas indican inicio floración promedio para invernales (I, 16/09) y primaverales (P, 29/09).

Tabla 1. Variedades invernales. Caracterización. Fecha de siembra: 15 de junio de 2023.

Variedad	RG (kg/ha)		MS (kg/ha)		NG (N°/m ²)		P1000 (gr)		IC		CG
Escrime	3951,1	a	8177,8	a	2091	a	170	a	0,441	b	A
Aviron	3611,1	a	8117,8	a	2605	a	139	c	0,445	ab	V
Balltrap	3568,9	a	8091,1	a	2554	a	155	b	0,448	a	A
Curling	3560,0	a	7666,7	a	2500	a	142	c	0,463	ab	A
Media	3672,8		8013,4		2438		152		0,458		
E.E.	133,6		262,3		99,4		4,1		0,01		

Nota: Rendimiento en grano (RG), materia seca total (MS), número de granos por m² (NG), peso de 1000 semillas (P1000) e índice de cosecha (IC), en base seca. Color grano (CG): A: Amarillo, V: Verde. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD, p<0,05).

Tabla 2. Variedades primaverales. Caracterización. Fecha de siembra: 07 de julio de 2023.

Variedad	RG (kg/ha)		MS (kg/ha)		NG (N°/m ²)		P1000 (gr)		IC		CG
Orchestra	4544,1	a	9520,9	ab	1827	ab	249	a	0,476	a	A
Astronauta	4039,1	b	8877,5	bc	1690	bcd	240	ab	0,459	ab	A
Skol	3890,7	b	8719,2	cd	1666	bcd	234	ab	0,450	abc	A
Yams	3784,4	b	8731,1	bcd	1538	cde	246	ab	0,435	abcd	A
Carrington	3779,1	b	9795,9	a	1905	ab	199	f	0,380	efgh	V
Reussite	3588,9	bc	7968,9	de	1736	bc	207	ef	0,450	abc	A
Aragorn	3282,4	cd	7110,9	ef	1827	ab	180	g	0,459	ab	V
Kingfisher	3187,4	cde	8907,5	bc	1501	cde	213	def	0,357	gh	V
Avenger	3108,9	cdef	8420,0	cd	1422	def	218	de	0,368	ghi	A
FCA 308	2920,0	def	6660,0	f	1676	bcd	174	g	0,439	abcd	V
Primogénita	2892,4	def	7152,5	ef	1681	bcd	172	g	0,403	defg	V
Víper	2784,4	ef	6791,1	f	2073	ab	135	g	0,403	cdef	V
FCA 320	2775,7	ef	6589,2	f	1242	f	224	cd	0,409	bcde	A
Meadow	2626,7	fg	7048,9	f	1550	cd	170	g	0,420	fgh	A
FCA 313	2177,8	g	6451,1	f	1251	ef	173	g	0,373	h	A
Media	3291,9		7929,3		1636		203		0,414		
E.E.	163,1		290,0		58		8,6		0,01		

Nota: Rendimiento en grano (RG), materia seca total (MS), número de granos por m² (NG), peso de 1000 semillas (P1000) e índice de cosecha (IC), en base seca. Color grano (CG): A: Amarillo, V: Verde. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD, p<0,05).

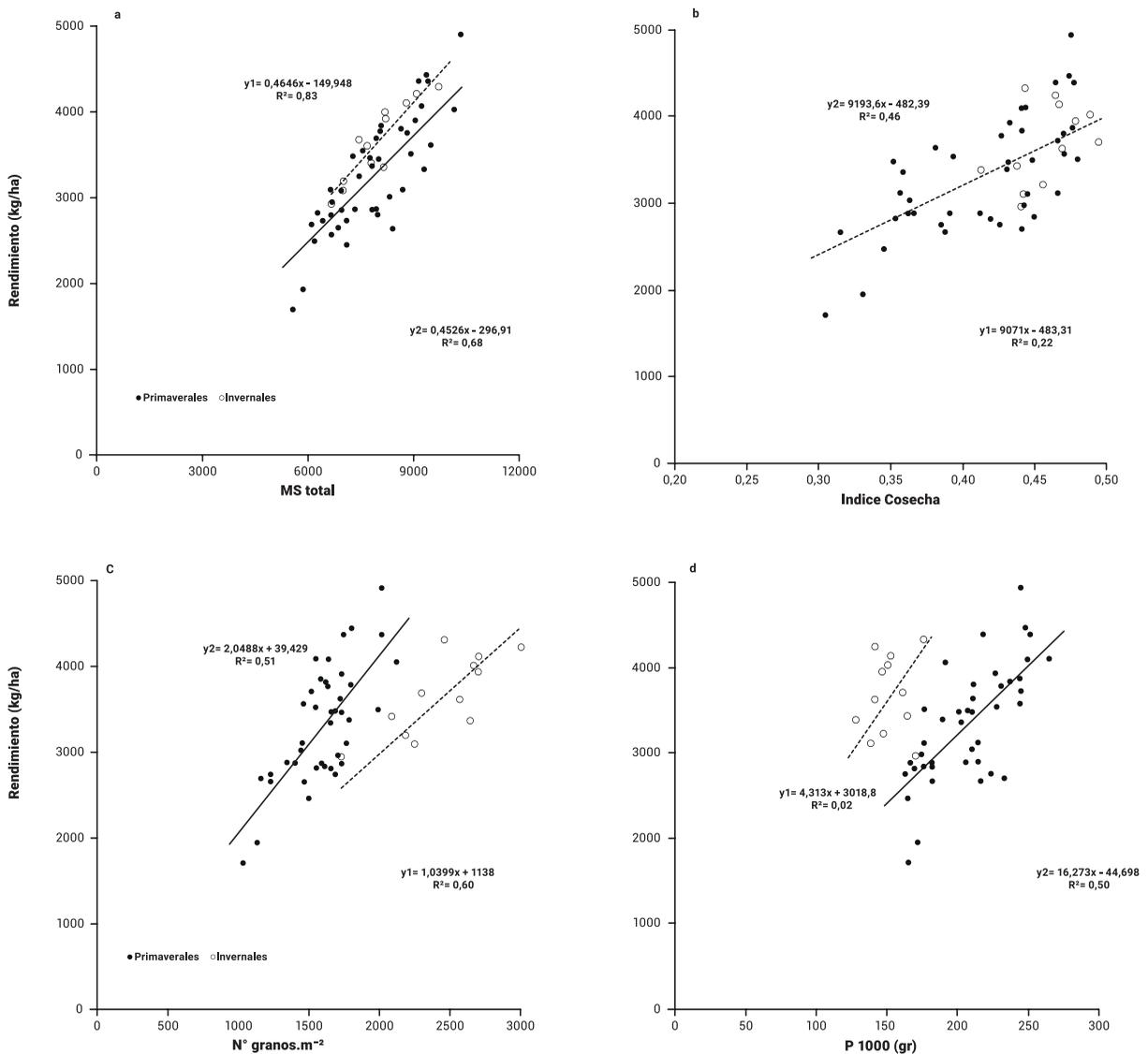


Figura 2. Relación entre rendimiento en grano (RG) y **a**) materia seca total (MS), **b**) índice de cosecha (IC), **c**) número de granos por m² (NG) y **d**) peso de 1000 semillas (P1000). En base seca. Ecuaciones: y1=invernales, y2=primaverales.

Indagando en la generación del RG de las variedades primaverales se analizaron por separado cultivares de color de grano verde y amarillo. De esta comparación, no se encontraron diferencias para RG, MS e IC, mientras que sí hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) para NG y P1000 (Tabla 3).

Es así que las variedades de color de grano verde mostraron mayor NG y las variedades de color de grano amarillo mayor P1000. Esto explicaría el porqué del aporte tanto del NG como del P1000 en la generación del RG para las variedades primaverales.

Tabla 3. Comparaciones entre variedades primaverales verdes y amarillas.

Color grano	RG (kg/ha)	MS (kg/ha)	NG (N°/m ²)	P1000 (gr)	IC
Verde n=6	3137,4	7771,5	1767	179	0,408
Amarillo n=9	3394,8	8034,6	1549	218	0,418

Nota: Rendimiento en grano (RG), materia seca total (MS), número de granos por m² (NG), peso de 1000 semillas (P1000) e índice de cosecha (IC), en base seca. Letras distintas indican diferencias significativas (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

Conclusiones

Se establecieron relaciones entre grupo de variedades, rendimiento obtenido, componentes del rendimiento y tipo de grano, destacándose una serie de genotipos que pueden ser tenidos en cuenta para distintas demandas de mercado o relaciones contractuales. Es necesario continuar con evaluaciones similares que impliquen un mayor número de ambientes y campañas, para incrementar el conocimiento sobre los genotipos disponibles. Es evidente la necesidad de recambio de cultivares en parte del sector productivo, para poder así acceder a posibles mayores niveles productivos o alternativas de comercialización que hagan de este un cultivo más atractivo, aumente su adopción y poder así obtener los beneficios de la incorporación de la arveja en la intensificación de las secuencias.



Bibliografía

Andrade, J. F.; Poggio, S. L.; Ermacora, M.; Satorre, E. H. 2015. *Productivity and resource use in intensified cropping systems in the Rolling Pampa, Argentina*. En: *European Journal of Agronomy*. 67 : 37–51.

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M., Robledo C. W. *InfoStat versión 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. SAGyP. 2024. Estimaciones Agrícolas. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>

Tula, A. 2019. *Patrones de absorción y eficiencia de uso del agua de cultivos invernales en el centro de Córdoba*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Córdoba (AR), 57 p.

05

Efecto del mejoramiento de trigo en Argentina sobre la eficiencia del uso de los recursos

FACUNDO CURIN^{1,*}

MARÍA E. OTEGUI^{2,3} Y

FERNANDA GONZÁLEZ^{1,4}

¹Centro de Investigaciones y Transferencias del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (CITNOBA-CONICET-UNNOBA-UNSA), Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. (Argentina).

³Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

⁴Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. (Argentina).

* curin.facundo@inta.gob.ar

El mejoramiento genético de trigo en Argentina ha incrementado el rendimiento producto de mejoras de las eficiencias del uso del agua y la radiación acompañadas por una mayor partición de biomasa a grano y una mayor producción de biomasa en cultivares de ciclo largo y corto, respectivamente, sin modificar sustancialmente la captura de agua y radiación.

Palabras clave: Evapotranspiración, Radiación Interceptada, Mejoramiento, Ciclo Largos, Ciclo Cortos.

Introducción

Los efectos indirectos del mejoramiento genético sobre la captura y eficiencia en el uso del agua han variado entre épocas y regiones del mundo. En Australia, el mejoramiento temprano (*i.e.* desde principio del siglo XX hasta promediar la década de 1980) produjo un aumento del rendimiento a través de una mejora de la eficiencia en el uso del agua evapotranspirada ($EUA_{R-G,ETC}$) sin cambios en la cantidad de agua evapotranspirada por el cultivo a lo largo de su ciclo (ET_C), ni la biomasa total producida a madurez fisiológica (BT_{MF}) (Siddique *et al.*, 1990). Mientras que, en otras regiones como México, la mejora del rendimiento estuvo asociada a la selección de cultivares con una mayor producción de BT_{MF} y una mayor ET_C . Sin embargo, trabajos recientes

en Australia (*i.e.*, desde mediados de siglo XX hasta promediar la década de 2000) registraron que el mejoramiento genético enfocado al rendimiento había traccionado la generación de cultivares de trigo con mayor BT_{MF} e igual captura de agua que sus antecesores (Sadras y Lawson 2013).

Diversos trabajos han reportado mejoras en cultivares modernos asociadas a una mayor eficiencia en el uso de la radiación para producir biomasa (EUR_{BT}) en lugar de cambios en su captura. En Argentina en particular, un trabajo previo identificó mejoras de EUR_{BT} durante el llenado de grano, asociadas principalmente a aumentos en el tamaño de los destinos, producto de un mayor número de granos, que generaron mejoras en la fuente de fotoasimilados (*i.e.*, capacidad fotosintética del canopeo, Calderini *et al.*, 1995). Sin embargo, esta mayor EUR_{BT} , y consecuentemente mayor producción de biomasa durante el llenado de grano, no tuvo efectos sobre la BT_{MF} debido a que solamente lograron compensar las reducciones en la producción de biomasa en el periodo pre-floración registradas en los cultivares modernos. Seguidamente, trabajos realizados en Australia reportaron mejoras en la EUR durante pre-floración en los genotipos modernos que resultaron en mayor producción de biomasa pre-floración y en consecuencia mayor BT_{MF} (Sadras y Lawson, 2011).

En Argentina, en un estudio previo dentro del grupo de trabajo se identificaron los efectos indirectos de la mejora genética en dos grandes grupos de cultivares: ciclo largo-CL, y ciclo corto-CC. La mejora del rendimiento estuvo acompañada de una mayor partición de la biomasa a granos (*i.e.*, mayor índice de cosecha-IC) en cultivares de CL y de mayor producción de biomasa, principalmente en etapas previas a la floración, en cultivares de CC. Por lo tanto, es posible especular que en ambos grupos hubo un aumento en $EUA_{RG,ETC}$ producto de (i) un aumento del IC sin cambios en la producción de biomasa y captura de recursos entre los cultivares de CL y (ii) una mayor producción de BT_{MF} en los cultivares de CC, generada en la etapa prefloración, que mejora la $EUA_{BT,ETC}$ debido a mayores EUR_{BT} . El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del mejoramiento genético reciente (últimos 50 años) sobre la eficiencia y captura de agua y radiación en un amplio rango de condiciones ambientales.

Materiales y Métodos

Durante las campañas 2016 y 2017 en el campo experimental de INTA Pergamino, 10 cultivares de trigo pan liberados al mercado durante 1971 y 2011 agrupados en cultivares de ciclo largo (CL) y cultivares

de ciclo corto (CC) fueron evaluados en diferentes condiciones ambientales generadas por la combinación no factorial de diferentes niveles disponibilidad hídrica. Dos regímenes hídricos (R: riego y S: seco)

en 2016 y tres en 2017 (R, S y RH: restricción hídrica), se establecieron para explorar un amplio rango de condiciones ambientales (Tabla 1). Las parcelas recibieron fertilización nitrogenada en macollaje e inicio de encañazón con el objetivo de alcanzar los 200 kg/ha de nitrógeno disponible entre lo aportado por el suelo a la siembra y el fertilizante.

Entre las mediciones realizadas se encuentran:

- La evolución de la captura de la radiación a través de mediciones instantáneas de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada incidente ($fRFA_i$) y así mediante interpolación de dichos valores y los valores de RFA_i diarios estimar la RFA_i acumulada ($IRFA_i$) durante el ciclo de acuerdo con la ecuación 1.

$$1. IRFA_c = \sum_{Z_{10}}^{Z_{91}} fRFA_i \times RFA_i$$

- El contenido de agua en el suelo mediante el uso de sonda de neutrones cada 15 – 20 días hasta 1,5 m de profundidad para la estimación de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) mediante balances hídricos de acuerdo con la ecuación 2 donde la escorrentía se estimó siguiendo la metodología propuesta por Andriani et al. (2016).

$$2. ET_c = \Delta AguaAlmacenada + Lluvia + Riesgos - Escorrentía$$

- Finalmente, a madurez fisiológica, en cada unidad experimental se determinó el rendimiento y sus determinantes fisiológicos. Esto permitió el cálculo de la EUA_{RG,ET_c} (cociente entre el rendimiento y ET_c), la EUA_{BT,ET_c} (cociente entre BT_{MF} y ET_c) y la EUR (cociente entre BT_{MF} e IRFAC).

Tabla 1. Descripción de los ambientes evaluados. Valores promedios de contenido de agua disponible en el suelo para el cultivo hasta 1,5 m (ADC), lluvias acumuladas, riego aplicado e índice ambiental.

Ambientes	ADC ^a (mm)	Lluvias (mm)	Riego (mm)	índice Ambiental ^b (g m ²)
2016 Riego	281-301	302-258	60	602
2017 Riego	283-278	302-284	67	552
2016 Secano	281-301	302-258	---	522
2017 Secano	283-278	309-291	---	492
2017 Restricción hídrica	283-278	42-25	---	252

a) Los primeros valores corresponden a los cultivares de CL mientras que los segundos a los de CC.

b) Índice ambiental calculado como el promedio de todos los cultivares evaluados en un ambiente en particular.

Los efectos de los tratamientos y la interacción de ellos para cada uno de los rasgos evaluados a nivel de cultivo fueron analizados mediante un ANOVA utilizando el programa estadístico INFOSTAT. El mismo fue realizado combinando AMBIENTE y CULTIVARES como variables de efectos fijos. Finalmente, los valores de cada rasgo evaluado fueron estandarizados de acuerdo con la ecuación 3 y mediante regresiones lineales de dichos valores estandarizados para cada cultivar y su año de liberación al mercado (ALM) se estimó el progreso genético calculado como la

pendiente de dicha regresión, el cual fue expresado en términos porcentuales.

$$3. Desvio Relativo = (Media Cultivar - Índice Ambiental) / Índice Ambiental^1$$

donde el Índice Ambiental corresponde al promedio de todos los cultivares en cada uno de los ambientes de evaluación.

Resultados y Discusión

La mayoría de las variables analizadas presentaron efectos significativos del AMBIENTE y de CULTIVAR, con excepción de $EUA_{RG,ETC}$ que solo presentó efectos significativos del CULTIVAR, mientras que efectos significativos de la interacción AMBIENTE \times CULTIVAR fueron detectados en la mayoría de los

caracteres evaluados con excepción de EUR_{BT} (Tabla 2). Entre los ambientes, las variaciones en la captura de recursos fueron de 137 y 200 % para $IRFA_C$ y ET_C respectivamente, mientras que para la generación de biomasa y su partición a granos (*i.e.* IC) fue de 225 y 123 % respectivamente. Finalmente, la combinación

Tabla 2. Promedio de los ambientes y cultivares y resultado del ANOVA para la biomasa total a madurez fisiológica (BT_{MF}), el rendimiento en grano (**RG**), el índice de cosecha (**IC**), la evapotranspiración del cultivo (**ETC**), la radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada ($IRFA_C$), las eficiencias en el uso del agua para producir grano y biomasa ($EUA_{RG,ETC}$, $EUA_{BT,ETC}$) en base a evapotranspiración del cultivo y la eficiencia en el uso de la radiación (EUR_{BT})

		TRATAMIENTOS	BT_{MF}	RG	IC	ET_C	$IRFA_C$	$EUA_{RG,ETC}$	$EUA_{BT,ETC}$	EUR_{BT}	
AMBIENTE	2016	Riego	1450	602	0,41	470	590	3,09	1,28	2,51	
		Secano	1238	522	0,42	426	546	2,91	1,23	2,29	
	2017	Riego	1612	552	0,34	434	749	3,72	1,28	2,18	
		Secano	1454	492	0,34	382	687	3,79	1,29	2,12	
		RH	717	252	0,36	236	558	3,02	1,07	1,30	
	CULTIVAR	Ciclo Largo	BP (1980)	1281	395	0,31	401	722	3,19	0,98	1,77
KC (1991)			1504	512	0,33	411	750	3,64	1,22	2,01	
KP (1997)			1521	500	0,33	407	749	3,71	1,21	2,01	
BP11 (2004)			1319	516	0,40	398	659	3,32	1,29	1,98	
B601 (2011)			1407	589	0,41	392	664	3,56	1,47	2,14	
Media			1406	502	0,36	402	709	3,48	1,23	1,98	
Ciclo Corto		MJI (1971)	1096	433	0,40	379	520	2,87	1,13	2,09	
		PIF (1990)	1173	431	0,37	364	532	3,22	1,18	2,20	
		PIG (2000)	1139	481	0,42	451	506	2,51	1,06	2,24	
		ACR (2005)	1154	494	0,43	373	509	3,07	1,31	2,26	
		BSY (2010)	1274	520	0,41	378	554	3,38	1,38	2,32	
		Media	1167	472	0,41	389	524	3,01	1,21	2,22	
SIGNIFICANCIA		Ambiente		***		***	***	***	***	ns	***
		Cultivar		***	***	***	***	***	***	***	***
	Amb \times Cul		***	***	*	***	***	***	***	ns	

Nota: ***, **, * t significancia al $P < 0,001$, $P < 0,05$ y $P < 0,10$, y ns: $P > 0,10$ no significativo.

de ambientes generaron una variación de 120, 130, y 193 % para la EUA_{RG,ET_c} , EUA_{BT,ET_c} y EUR_{BT} (Tabla 2). En general, los menores valores de las variables analizadas se registraron en el ambiente de menor disponibilidad hídrica de la campaña 2017 (*i.e.*, 2017-RH). En relación a los cultivares, es importante destacar que no se registraron diferencias en rendimiento entre ciclos largos y cortos pero sí hubo diferencias en producción de biomasa e IC (considerando todos los ambientes). Los cultivares de CL presentaron mayor BT_{MF} pero menor IC que los cultivares de CC. Esta mayor producción de biomasa no fue consecuencia de un mayor consumo de agua puesto que la ET_c entre ambos grupos no difirió marcadamente. En cambio, si se registraron diferencias en $IRFA_c$ entre grupos de cultivares siendo mayor en los de CL. Por otro lado, los cultivares de CL registraron una EUA_{RG,ET_c} y EUA_{BT,ET_c} entre un 2 y 14 % mayor, mientras que la EUR fue 12% menor que los cultivares de CC en promedio a través de todos los ambientes (Tabla 2).

Finalmente, los efectos significativos de la interacción AMBIENTE x CULTIVAR en el rendimiento y la producción de biomasa ($P < 0,01$, Tabla 2) fueron evidentes debido a las mayores reducciones registradas en los cultivares de CC en estos dos caracteres en los ambientes más restrictivos (datos no mostrados). En lo que respecta a la captura de recursos, en general los cultivares de CC presentaron las mayores reducciones en la captura de radiación y agua (13 y 25 % para $IRFA_c$ y ET_c) en los ambientes de máxima restricción hídrica que los de CL (2 y 7 % para $IRFA_c$ y ET_c respectivamente). Finalmente, para las EUAs en general los cultivares de CC fueron los

que mayores valores registraron bajo condiciones potenciales mientras que lo contrario sucedió bajo condiciones de restricciones hídricas (datos no mostrados). Cuando los efectos ambientales fueron eliminados mediante el empleo de los desvíos relativos, efectos significativos del proceso de mejora fueron detectados en el rendimiento en ambos grupos de cultivares. Los valores de progreso del rendimiento fueron de 1,11 y 0,46 %/año para los cultivares de CL y CC, respectivamente. Dicha mejora estuvo acompañada de un incremento del IC en los cultivares de CL y de la producción de biomasa en los cultivares de CC (Figura 1). Por otro lado, es importante destacar que no se observaron efectos significativos del mejoramiento en la captura de agua y radiación entre los cultivares de CC pero sí en los de CL. Una reducción del 0,16 %/año de la ET_c durante todo el periodo analizado y del 1,11 %/ año a partir de 1997 para $IRFA_c$ fueron registrados entre los cultivares de CL (Figura 1). Esta reducción en la captura de agua coincide con lo observado en Australia desde principio de siglo XX hacia mediado de la década de los '80 (Siddique *et al.*, 1990). Esta reducción en ET_c registrada estaría asociado a una reducción de la longitud del ciclo en los cultivares modernos de CL que se registró en condiciones potenciales (Curin *et al.*, 2021). Es importante destacar que se registraron efectos significativos en las EUA_{RG,ET_c} y EUR_{BT} en ambos grupos de cultivares (para este último entre los cultivares de CC $P < 0,10$). Finalmente se detectaron efectos significativos sobre de la EUA_{BT,ET_c} sólo entre los grupos de cultivares de CC (Figura 1) lo cual coincidiría con lo registrado en Australia recientemente (Sadras y Lawson, 2013).

Conclusiones

El mejoramiento del trigo tuvo un efecto marcado en las EUAs, que no se pudo atribuir a variaciones en el consumo de agua de los cultivares (*i.e.*, ET_c)

y parecería estar exclusivamente relacionado con las variaciones registradas en EUR. Las mejoras observadas en las EUAs resultaron en mayor RG

sin cambios en la captura de agua, producto de una mayor partición de biomasa en los cultivares de CL y mayor producción de biomasa en los cultivares de CC. De esta forma validamos la hipótesis inicial planteada en la introducción de este trabajo.

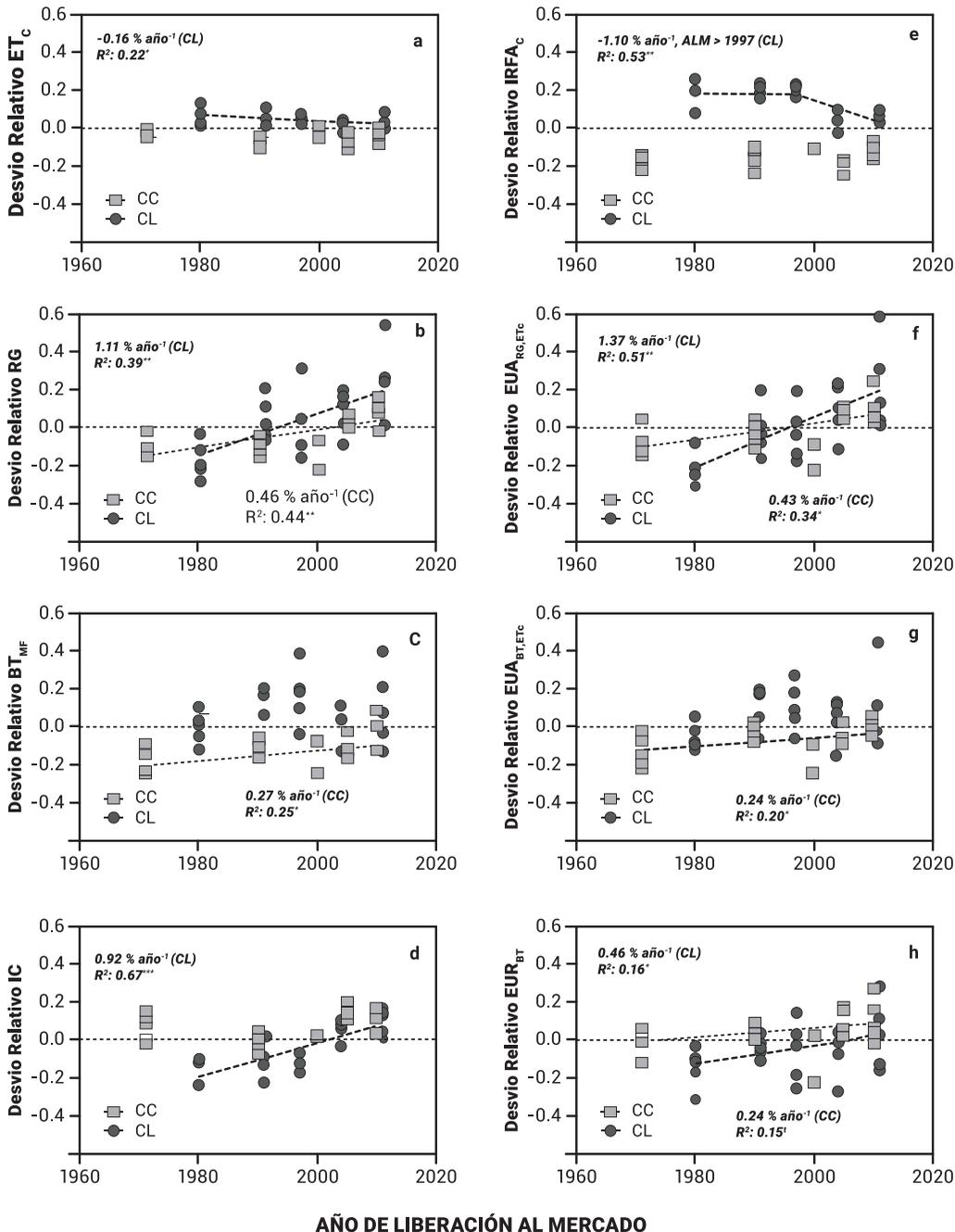


Figura 1. Respuesta de los desvíos relativos al año de liberación de los cultivares. Los datos corresponden a (a) evapotranspiración del cultivo (ET_c), (b) rendimiento en grano (RG), (c) biomasa total a madurez fisiológica (BT_{MF}), (d) índice de cosecha (IC), (e) radiación fotosintéticamente activa incidente acumulada ($IRFA_c$), (f) eficiencia en el uso del agua para producir grano (EUA_{RG,ET_c}), (g) eficiencia en el uso del agua para producir biomasa (EUA_{BT,ET_c}), (h) eficiencia en el uso de la radiación (EUR_{BT}). Los círculos y cuadrados representan a los cultivares de ciclo largo y ciclo corto respectivamente, Las líneas cortadas representan los modelos lineales significativos ajustados para los cultivares de CL y las líneas punteadas para los cultivares de CC

Bibliografía

Andriani, J. M.; Magnano, L.; Sanmartí, N. 2016. *Modelo "cuanti-cualitativo" de escurrimiento superficial del agua en suelos agrícolas de la Región Pampeana Argentina*. En: Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo 34 : 293–301.

Calderini, D. F.; Dreccer, M. F.; Slafer, G. A. 1997. *Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat*. En: Field Crops Research. 52, 271–281.

Sadras, V. O.; Lawson, C. 2011. *Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007*. En: Crop Pasture Sci 62 : 533–549.

Sadras, V. O.; Lawson, C. 2013. *Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007*. En: European Journal of Agronomy 46: 34–41.

Siddique, K. H. M.; Tennant, D.; Perry, M. W.; Belford, R. K. 1990. *Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment*. En: Australian Journal Agricultural Research 41: 431–447.

06

Fuentes fosforadas en *Brassica Carinata*

**GUSTAVO N. FERRARIS^{1,*},
FERNANDO JECKE²,
FERNANDO MOUSEGNE²,
ORLANDO VELLAZ³,
Y GONZALO SANTIA²**

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de Cultivos. (Argentina).

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco. (Argentina)

³ Nuseed Argentina S.A.

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Brassica carinata es una especie invernal de gran tamaño y elevada respuesta a fósforo. La adición de otros macro y micronutrientes en las mezclas suele potenciar su efecto en cereales. Las mezclas químicas presentan mejores resultados, por su granulometría y composición estable. ¿Deberíamos esperar lo mismo en Carinata? Los resultados de esta investigación contribuyen a confirmar esta hipótesis.

Palabras clave: Brassicaceas, Fósforo, Azufre, Micronutrientes, Eficiencia.

Introducción

Las crucíferas o brasicáceas son las oleaginosas más cultivadas en Europa y otros lugares del mundo. El interés reside en la producción de aceites comestibles de calidad, y últimamente en la obtención de biocombustibles. Con este objetivo, algunas especies como *Brassica carinata* se encuentran en franca expansión. En todos los cultivos invernales, el fósforo (P) es un elemento determinante. No sólo favorece la adaptación al frío y bajas precipitaciones. Los resultados obtenidos en diferentes experimentos muestran que tanto la producción de biomasa aérea como las concentraciones de nitrógeno (N) y P en la planta, pueden incrementar significativamente (Ferraris *et al.*, 2020; Bas-hval *et al.*, 2023). La diversidad de fuentes fosforadas presentes en el mercado argentino se ha incrementado notoriamente. Mezclas físicas y químicas, macro

y microgranulados, sólidos o líquidos son algunas de las alternativas de las que dispone el productor. Es habitual que aporten otros elementos químicos esenciales para los cultivos de probada eficiencia agronómica, como azufre (S), zinc (Zn) o boro (B), de gran valor agronómico en el cultivo (Cockson *et al.*, 2021).

El objetivo de este experimento es seleccionar las mejores fuentes para la fertilización de base de *Brassica carinata*. Como hipótesis se sugiere que estas difieren en su comportamiento agronómico, a partir de un aporte diferencial de nutrientes, y características propias de la formulación y granulometría que determinan su eficiencia.

Materiales y Métodos

Durante el año 2023, se condujeron dos experimentos de fertilización a campo con la especie *Brassica carinata*. El primero de ellos se condujo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, sembrado el día 7 de Junio. El segundo experimento se implantó en la localidad de San Antonio de Areco, sobre un suelo Serie Capitán Sarmiento, el día 13 de Junio de 2023. Los experimentos fueron conducidos en un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. En ambos casos, se utilizó el híbrido Nuseed Nujet 350 a una densidad de 140 pl/m² y con distanciamiento de 0,2 m entre líneas. Se utilizaron 2

a 2,5 l/ha de Trifluralina fotoestable como preemergente. Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de los insecticidas Lambdaialotrina + Clorantraniliprole, para controlar pulgón (*Brevicoryne brassicae* L.) y la oruga de las crucíferas (*Plutella xylostella*). Todas las parcelas recibieron una fertilización de base urea granulada (46-0-0) a la dosis de 200 kg/ha.

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. Por su parte, los análisis de suelo de los sitios se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Fuentes fosforadas aplicadas en *Brassica carinata*. INTA Pergamino y San Antonio de Areco.

Tratamiento	Descripción	Grado	Dosis (kg/ha)
T1	Testigo		0
T2	Fosfato monoamónico	(11-23-0)	90
T3	Superfosfato triple de calcio	(0-20-0-14 Ca-1S)	90
T4	Top Phos 724	(7-11-0-S11-Zn 0,3 B 0,1)	90
T5	Microessentials SZ	(10-17-0-S10-Zn1)	90
T6	MicroStar CMB Bio	(10-17-0-S4-Zn2)	40
T7	Micro+	(10-20-0-S2-Zn2)	40

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra

Localidad	Profundidad	PH	CE	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	S-Sulfatos	Zn-EDTA suelo
	cm	agua 1:2,5	dS/m ⁻¹	%	ppm	kg/ha	ppm	ppm
Pergamino	0-20 cm	5,8	0,05	2,23	10,3	35,6	10,3	1,03
S. A. Areco	0-20 cm	6,0	0,09	4,00	13,1	16,6	-	-

Se determinó biomasa aérea en floración plena (F2) de la escala CETIOM (Agosti *et al.*, 2009). En el mismo estadio, se midió el índice verde normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) por Green seeker, intercepción mediante un radiómetro lineal y se estimó el contenido de N foliar por Minolta Spad. La cosecha

se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza, comparaciones de media y análisis de regresión. Sobre una muestra de cosecha se cuantificó el peso de los granos, y se calculó el número de granos (NG).

Resultados y Discusión

Pergamino. En la Tabla 3 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figura 1 se presentan los rendimientos y sus diferencias estadísticas.

Tabla 3. NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa seca aérea (**BA**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, rendimiento (kg/ha), número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos y NDVI por Green seeker. *Comparación de fuentes para la fertilización fosforada en Brassica carinata. Pergamino, año 2023.*

T	Dosis N	NDVI F2	Vigor (1-5)	Biomasa aérea F2 (kg/ha-	Altura (cm)
T1	Testigo	0,61	3,5	12081	105
T2	MAP 90	0,62	3,5	14031	131
T3	SPT 90	0,62	3,5	15328	132
T4	Top Phos 724 90	0,63	4,0	14523	127
T5	Mess SZ 90	0,63	3,4	13526	130
T6	MCMB 40	0,62	3,6	14883	135
T7	Micro+ 40	0,62	3,4	14026	129
	R2 vs rend	0,63	0,05	0,57	0,84

T	Dosis N	Intercepción F2 (%)	NG/m	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	94,9	100029	4,3
T2	MAP 90	96,2	121189	4,1
T3	SPT 90	95,8	124453	4,0
T4	Top Phos 724 90	96,7	124970	4,1
T5	Mess SZ 90	96,3	130000	4,0
T6	MCMB 40	95,3	122674	4,3
T7	Micro+ 40	95,8	119558	4,1
	R2 vs rend	0,35	0,88	0,16

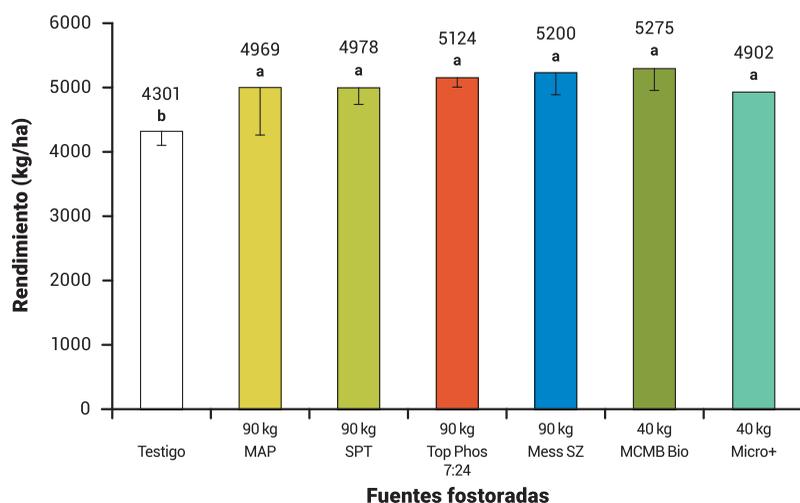


Figura 1. Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante fosforado aplicado en línea de siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD a=0,10, dms=485 kg/ha). INTA Pergamino, año 2023.

S. A. de Areco. En la Tabla 4 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figura 2 se presentan los rendimientos.

Tabla 4. NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa verde aérea (**BV**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, rendimiento (kg/ha), número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos. Comparación de fuentes para la fertilización fosforada en *Brassica carinata*. San Antonio de Areco, año 2023.

T	Dosis N	NDVI F2	Vigor (1-5)	BV F2 (kg/ha)	Altura (cm)
T1	Testigo	0,65	3,00	6,3	117
T2	MAP 90	0,65	3,50	7,2	127
T3	SPT 90	0,65	3,63	7,1	125
T4	Top Phos 724 90	0,67	3,75	6,9	118
T5	Mess SZ 90	0,65	4,00	6,9	128
T6	MCMB 40	0,64	3,88	7,4	119
T7	Micro+ 40	0,63	3,63	8,0	130
	R2 vs rend	0,14	0,32	0,27	0,01

T	Dosis N	Intercepción F2 (%)	NG/m	PG x 1000 (g)
T1	Testigo	95,4	110226	3,5
T2	MAP 90	98,7	122023	3,6
T3	SPT 90	97,7	148056	3,0
T4	Top Phos 724 90	97,0	132043	3,9
T5	Mess SZ 90	96,7	128247	3,4
T6	MCMB 40	97,3	119556	3,8
T7	Micro+ 40	97,7	129655	3,6
	R2 vs rend	0,23	0,25	0,21

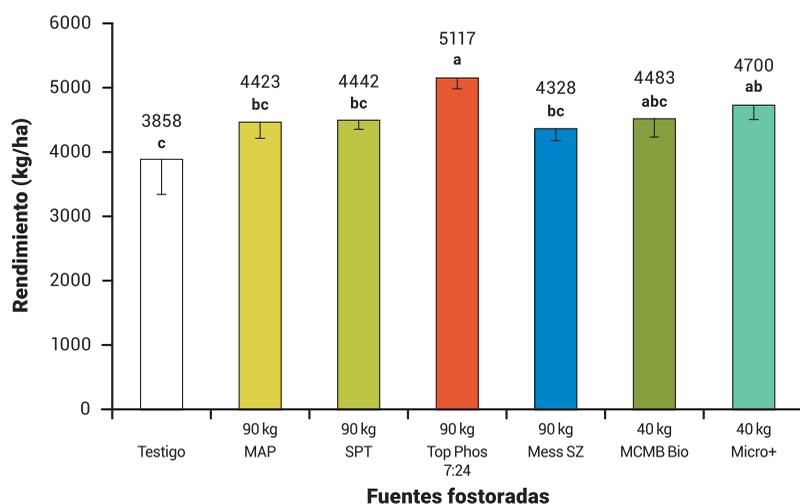


Figura 2. Rendimiento de *Brassica carinata* según fuente de fertilizante fosforado aplicado en línea de siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,10$, $dms=649$ kg/ha). INTA San Antonio de Areco, año 2023.

Las precipitaciones durante el ciclo alcanzaron a 308 mm en Pergamino y 363 mm en San Antonio de Areco. La especie se adaptó bien a un ambiente seco inicial, y presentó una reacción favorable desde la primavera. La adición de P y otros elementos en línea como “starters” incrementó el crecimiento y uniformó el cultivo, mejorando la tolerancia a bajas precipitaciones.

Las variables determinadas durante el ciclo de cultivo lograron anticipar el comportamiento de los rendimientos. En Pergamino presentaron alta correlación con la productividad NDVI, biomasa aérea, altura de las plantas y NG (Tabla 3). Por su parte, en San Antonio de Areco la relación entre variables fue más débil, siendo la principal la calificación del vigor (Tabla 4).

Se determinaron diferencias estadísticas en los rendimientos de Pergamino ($P=0,05$, $cv=7,9$ %). Los fertilizados sin distinción superaron al testigo. Como tendencia, en términos absolutos parecieran sobresalir mezclas químicas balanceadas con inclusión de micronutrientes, como Microstar CMB Bio, Mess SZ y Top Phos 724. Makela *et al.* (2020) y Cockson *et al.* (2021) destacan la importancia de incorporar micronutrientes en este cultivo. En San Antonio de Areco las diferencias de rendimiento estuvieron en el límite de la significancia estadística ($P=0,10$, $cv=11,8$ %). Prevalcieron Top Phos y el microgranulados Micro+, en tanto que las otras fuentes no difirieron con el testigo. Esta jerarquía confirma los mejores resultados de las mezclas químicas multinutrientes, en frente a otras fuentes simples basadas en NP.

Los resultados obtenidos estuvieron alineados en ambas localidades. Las mezclas químicas de composición balanceada con aporte de micronutrientes presentaron una performance superior, respecto de los fertilizantes simples con P o NP. Esto incluyó fuentes macro granuladas y en San Antonio de Areco, también a los microgranulados.



Fotografía 1. Vista general del tratamiento a dosis máxima de MAP 120, llegando a madurez fisiológica. INTA Pergamino

Bibliografía

Agosti, M. B.; Gómez, N. V.; Vilariño, M. P. y Miralles, D. J. 2009. *Fenología y generación del rendimiento y la calidad de canola*. Congreso "A Todo Trigo". Federación de Acopiadores de Granos.

Bashyal, M.; Mulvaney, M.; Crozier, C. R.; Iboyi, J.; Perondi, D.; Post, A.; Devkota, P. 2023. *Brassica carinata nutrient accumulation and partitioning across maturity types and latitude*. En: *Crop Science*, 63(2), 833-851.

Cockson, P.; Veazie, P.; Davis, M.; Barajas, G.; Post, A.; Crozier, C. R.; Whipker, B. E. 2021. *The Impacts of micronutrient fertility on the mineral uptake and growth of Brassica carinata*. En: *Agriculture*, 11(3), 221.

Ferraris, G. N.; Mousegne, F.; Jecke, F.; Vellaz, O. 2020. *Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en Brassica carinata-Campaña 2019*. EEA Pergamino, INTA. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/7105> [consultado: 01 de marzo 2024].

Mäkelä, P.; Wasonga, D.; Solano Hernandez, A.; Santanen, A. 2020. *Seedling growth and phosphorus uptake in response to different phosphorus sources*. En: *Agronomy*, 10(8), 1089.

07

Intensificación tecnológica en un nuevo cultivo invernal. Respuesta a la fertilización en *Camelina sativa*

GUSTAVO N. FERRARIS¹ *
Y ANA P. CANU²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de cultivos. (Argentina)

² Chacra Servicios SRL

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Camelina sativa es una *Brassicaceae* de bajo porte y ciclo corto. Sus requerimientos nutricionales y su respuesta a la fertilización han sido poco explorados en Argentina. Se demuestra su potencial de respuesta a fósforo y nitrógeno. La dosis óptima preliminar de este nutriente varió entre 60 y 80 kg/ha fuente óptima fue diferente, según la dosis de nitrógeno aportada.

Palabras clave: *Camelina sativa*, Intensificación, Nitrógeno, Azufre, Fósforo, Sustentabilidad.

Introducción

Camelina sativa es una *Brassicaceae* invernal, de bajo porte, ramificadora, resistente a la sequía y las heladas. Esto es muy característico de la especie, ya que en estado de roseta es capaz de soportar temperaturas de hasta -12 °C. El óptimo para su crecimiento se única entre 7 y 33 °C (Falasca *et al.*, 2014). Las temperaturas excesivamente altas durante floración y llenado perjudican severamente los rendimientos (Enjalbert y Johnson, 2011). Aunque sus requerimientos y biomasa son limitados, los máximos rendimientos se obtienen con precipitaciones entre 350 y 500 mm. Su superficie está en continuo crecimiento en países como España o México, con el objetivo de producir biocombustibles para

aeronáutica o alimentación para el ganado. Como la mayor parte de las crucíferas, es muy sensible a las deficiencias nutricionales (Miralles *et al.*, 2017; Basalma *et al.*, 2018). Los requerimientos nutricionales no han sido cuantificados en el país, y la respuesta a la fertilización ha sido poco evaluada.

Los objetivos de este experimento fueron 1. Evaluar la respuesta de *Camelina sativa* a la fertilización con nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P) en la región norte de Bs As y 2. Evaluar el efecto de diferentes fuentes sobre la respuesta agronómica. Hipotetizamos que: 1. *Camelina sativa* incrementa los rendimientos cuando se fertiliza con NPS, si estos se encuentran en concentraciones deficientes en los suelos 2. La respuesta y eficiencia agronómica varían con la fuente utilizada, y 3. Es posible ajustar una curva de respuesta que determine, preliminarmente, la dosis óptima de N.

Materiales y Métodos

Durante el año 2023, se condujo un experimento de fertilización a campo con la especie *Camelina sativa* 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 18 de julio, a una densidad de 150 pl/m² y con distanciamiento de 0,2 m entre líneas. El experimento se dividió en dos partes. Por un lado, se evaluó respuesta

a N y S mediante cuatro dosis, dos fuentes y un testigo totalizando nueve tratamientos. Recibió una fertilización de base con superfosfato triple de calcio (0-20-0) a la dosis de 50 kg/ha en la línea de siembra. Por otra parte, la respuesta a P se evaluó en un contraste de testigo vs fertilizado con 60 kg/ha de superfosfato triple de calcio (0-20-0), con una base de 200 kg/ha de SolMix chorreado a la siembra.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización con nitrógeno y azufre en *Camelina sativa*. Campaña 2023.

T	Fuente	Dosis nitrógeno	Dosis azufre
T1	Testigo	0 kg ha ⁻¹	
T2	Urea	N 30 kg ha ⁻¹	
T3	Urea	N 60 kg ha ⁻¹	
T4	Urea	N 90 kg ha ⁻¹	
T5	Urea	N 120 kg ha ⁻¹	
T7	SolMix 28:5	N 30 kg ha ⁻¹	S 5,6 kg ha ⁻¹
T8	SolMix 28:5	N 60 kg ha ⁻¹	S 11,1 kg ha ⁻¹
T9	SolMix 28:5	N 90 kg ha ⁻¹	S 16,7 kg ha ⁻¹
T10	SolMix 28:5	N 120 kg ha ⁻¹	S 22,3 kg ha ⁻¹

Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con 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. Las aplicaciones de N fueron realizadas pocos días después de la siembra, en superficie sin incorporación.

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra.

Profundidad	PH	CE	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	S-Sulfatos	Zn-EDTA suelo
cm	agua 1:2,5	dS/m	%	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm
0-20 cm	5,8	0,05	2,23	10,3	35,6	10,3	1,03
20-40 cm					24,1		

Resultados y Discusión

En la Tabla 3 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en las Figuras 1 y 2 los rendimientos como resultado

del agregado de nitrógeno-azufre, fósforo y un ajuste de la curva de respuesta a N.

Tabla 3. Biomasa aérea (BA) en floración plena (F2), contenido de N foliar por Spad y NDVI por Green seeker, **a)** fertilización con nitrógeno – azufre. **b)** Fertilización con fósforo. Fertilización nitrogenada en Camelina sativa. Pergamino, año 2023.

T	Dosis N	Biomasa Aérea F2 (kg/ha)	Intercepción F2 (%)	Spad F2	NDVI F2
T1	N0	1305,6	64,5	35,2	0,39
T2	Urea – N30	1480,8	75,9	39,1	0,45
T3	Urea – N60	1385,6	74,3	38	0,48
T4	Urea – N90	1564,0	75,1	40	0,47
T5	Urea – N120	1617,6	73,0	39,5	0,48
T6	SolMix – N30	1400,8	77,1	41	0,47
T7	SolMix – N60	1358,4	75,3	38,5	0,45
T8	SolMix – N90	1631,2	74,0	40,2	0,49
T9	SolMix – N120	1613,6	79,3	38,3	0,49
	R2 vs rend	0,63	0,74	0,37	0,79

a)

T	Dosis P	Biomasa Aérea F2 (kg/ha)	Intercepción F2 (%)	Spad F2	NDVI F2
T1	SPT 0	1115,0	55,1	41,3	0,30
T2	SPT 60	1431,5	65,3	39,7	0,42

b)

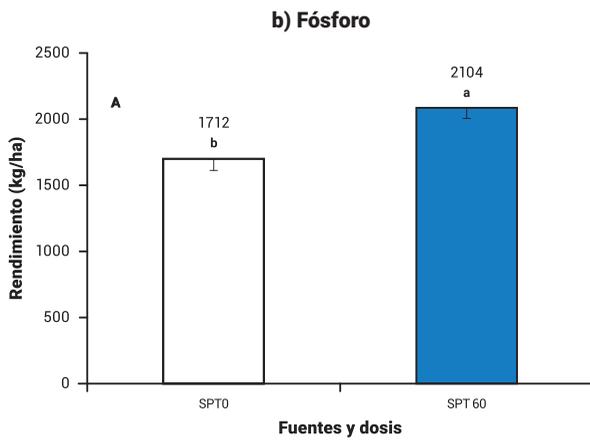
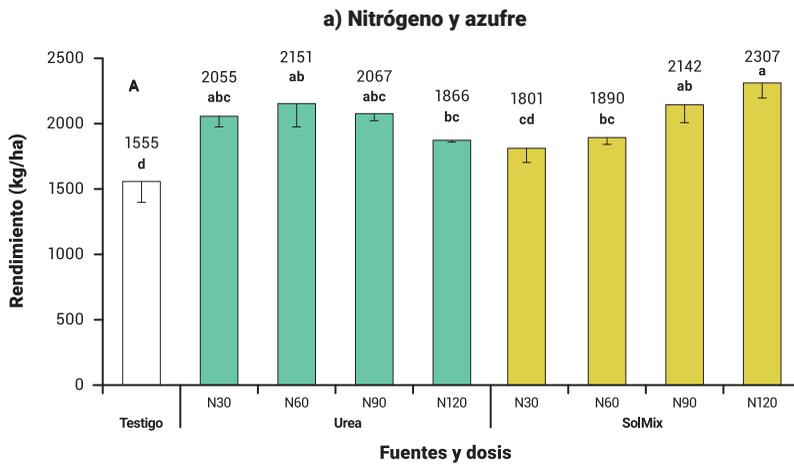


Figura 1. Rendimiento de *Camelina sativa* según fuente y dosis de fertilizante agregado. **A)** Nitrógeno – azufre. **b)** Fósforo. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$), INTA Pergamino, año 2023.

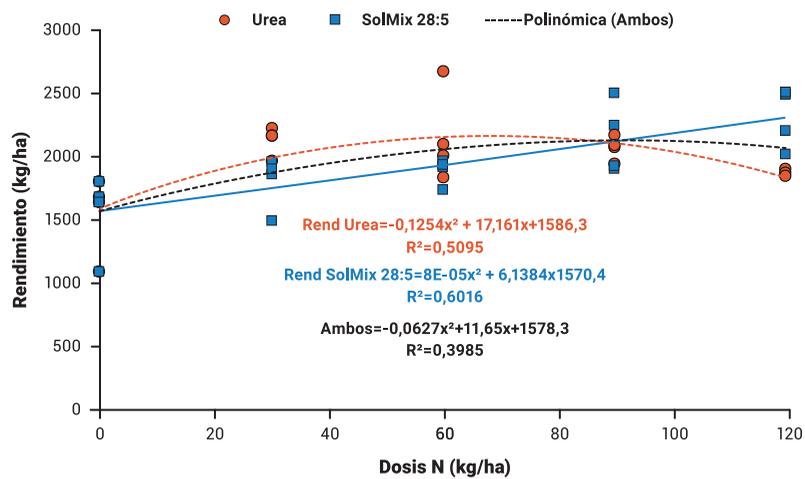


Figura 2. Relación entre rendimiento y dosis de nitrógeno agregada, para Urea, SolMix y el conjunto de ambas fuentes, ajustado según una función cuadrática. Fertilización con nitrógeno y azufre en *Camelina sativa*. Pergamino, año 2023.

Camelina se adaptó bien a un ambiente seco inicial, y presentó una reacción muy favorable a la mejora del mismo desde septiembre. Las plantas expresaron un porte moderado, con una muy buena fructificación. No se registraron adversidades bióticas de relevancia, que comprometieran los rendimientos. La productividad media, de 1978 kg/ha, es de las más altas observadas en la región.

Las variables intermedias reflejaron el efecto de tratamiento y presentaron buena correlación con rendimiento, especialmente materia seca, interceptación y NDVI (Tabla 3). El mayor contraste se comprobó entre testigo y tratados. Los rendimientos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para N (Figura 1.a) y P (Figura 1.b). La respuesta a P fue notable, en crecimiento (Tabla 3.b) y productividad (Figura 1.b). Respecto de N, las fuentes presentaron un comportamiento dispar. La fuente Urea evidenció un incremento sensible hasta la dosis de N60, pero disminuyó en adelante, sin explicación aparente. SolMix en cambio, mostró un aumento sostenido en todo el rango de dosis evaluado (Figura 1.a). Un ajuste conjunto de ambas fuentes ubica el rendimiento máximo en N80, pero con valores cercanos a los de N60, donde estaría el óptimo económico para cultivos de alto rendimiento. Cabe consignar que este comportamiento se comprueba en un sitio con moderado a alto nivel de N en suelo (Tabla 2), como resultado de la magra cosecha de la campaña anterior.

Los resultados obtenidos permiten aceptar las hipótesis propuestas: 1. *Camelina sativa* responde a P y N alcanzando su máximo en dosis moderadas. A diferencia de otras *Brassicaceas*, la respuesta a S aparece más errática, y asociada a altos niveles de N. 2. El comportamiento medio de ambas fuentes fue similar, pero con diferente dinámica, prevaleciendo el líquido NS en las dosis más altas de N. Esto puede sugerir una interacción NxS significativa, o una dosis mínima de S para visibilizar efectos. 3. Se propone una relación funcional entre rendimiento y dosis de N agregada, para un sitio de buen rendimiento.



Fotografía 1. Vista general del experimento, durante la floración.



Fotografía 2. Vista aérea del experimento en el estado F2 de la escala CETIOM.

Bibliografía

Agosti, M.; Gómez, N; Vilariño, M.; Miralles, D. 2009. *Fenología y generación del rendimiento y la calidad de canola*. En: Congreso "A Todo Trigo". Federación de Acopiadores de Granos.

Alajarín, M. 2016. *Tolerancia de Camelina (Camelina sativa L. Crantz) a diferentes aplicaciones herbicidas*. Tesis.Grado en Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Universidad Politécnica de Madrid.

Basalma, D.; Gursoy, M.; Nofouzi, F. 2018. *Factors affecting agricultural characteristics of Camelina sativa (L.) Crantz under dry-summer subtropical and warm temperate climates*. En: Revista de la Facultad de Agronomía 35(3):248-269.

Falasca, S. L.; Del Fresno, M. C.; Waldman, C. 2014. *Developing an agro-climatic zoning model to determine potential growing areas for Camelina sativa in Argentina*. En: QScience Connect 4 (1) : 1-11.

Enjalbert, J. N.; Johnson, J. J. 2011. *Guide for producing dryland camelina in eastern Colorado*. Fact sheet (Colorado State University. Extension). En: Crop series Production no. 0.709.

Miralles de Imperial Hornedo, R.; Delgado Arroyo, M.; García Manso, Á.; González Gullón, M.; Martín Sánchez, J. 2017. *Efecto del residual de estiércol avícola o residual de fertilizante mineral en el rendimiento y la calidad de camelina (Camelina sativa L. Crantz)*. En: Revista mexicana de ciencias pecuarias 8 (4): 353-363.

08

Estudio de la competencia entre tordillo (*Tordylium maximum* L.) y cultivos de invierno

GABRIEL PICAPIETRA^{1, 2, *}
Y HORACIO A. ACCIARES^{1, 3}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino Malezas. (Argentina)

² Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

* picapietra.gabriel@inta.gob.ar

En los últimos años empezó a observarse esta maleza en lotes de producción, la cual ha generado cierta incertidumbre en cuanto al control químico, pero sin antes conocer los aspectos biológicos y ecológicos de la especie. En este estudio exploratorio se pretende conocer cuáles son las características competitivas frente a cultivos de invierno.

Palabras clave: Malezas, Barbecho, Trigo, Triticale, Vicia.

Introducción

El género *Tordylium* pertenece a la familia de las *Apiaceae* y está representado por solo tres especies de las cuales *T. maximum* L., conocida comúnmente como tordillo (Fotografía 1), es la única representante en Argentina (Zuloaga y Belgrano, 2015). Es una especie naturalizada que se encuentra distribuida en el centro del país, en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y La Pampa (Sib, 2024).

Es una hierba anual, robusta, hispida, que puede alcanzar los 120 cm de altura. La primera hoja desplegada es simple, de margen crenado, mientras que las consecutivas son pinatisectas, pudiendo desplegar hojas caulinares bipinatisectas (Troiani y Prina, 1999). A pesar de ser una maleza que ha sido

asociada a márgenes de lotes y vías férreas, se la ha reconocido como una maleza de difícil control en cultivos extensivos, aunque en baja frecuencia (Acciaresi *et al.*, 2019).

Poco se conoce acerca del impacto de esta especie como maleza, principalmente en su carácter competitivo con los cultivos. Debido a esto se condujo un experimento exploratorio con el objetivo de evaluar la naturaleza de la competencia de tordillo con los cultivos de trigo, triticale y vicia.



Fotografía 1: a) Estado de roseta de *Tordylium maximum* y detalle de la plántula en estado cotiledonar. b) Vista frontal de los contenedores empleados para el experimento y sección de vista superior en un contenedor con compartimentalización subterránea entre *T. maximum* y triticale.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en 2023 para el cual se recolectaron plántulas de tordillo con una hoja completamente desplegada del campo experimental de la ECANA – UNNOBA (33,939° S; 60,558° O). Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio

del área de Malezas de INTA (33,947° S; 60,564° O) donde fueron trasplantadas y colocadas en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas, a una temperatura de 26 °C y 14 hs. de fotoperíodo.

Para los contenedores se utilizaron dos cilindros de PVC de 16 cm de diámetro y 25 cm de altura, con un tabique central de PVC dividiendo a cada cilindro en dos mitades. El cilindro inferior, que contaba con una tapa perforada en la base, se le agregó tierra como sustrato hasta completar su volumen. Luego, se colocó el otro cilindro de manera que los tabiques quedaran de forma perpendicular, determinando así cuatro cuadrantes.

Se determinaron cuatro formas de compartimentalización de acuerdo con la naturaleza del recurso

(Schreiber, 1967), quedando determinadas cuatro alternativas: Sin compartir recursos, o también llamado 'libre de competencia' (LC), en donde se disponen las dos componentes (cultivo y malezas) de forma tal que no interactúan entre sí para obtener recursos. En la compartimentalización subterránea (CS) o aérea (CA) solo se relacionarán para obtener recursos del suelo o la luz, respectivamente. En la compartimentalización total o plena (CP) las componentes interactúan para la obtención de todos los recursos (Figura 1, Fotografía 1):

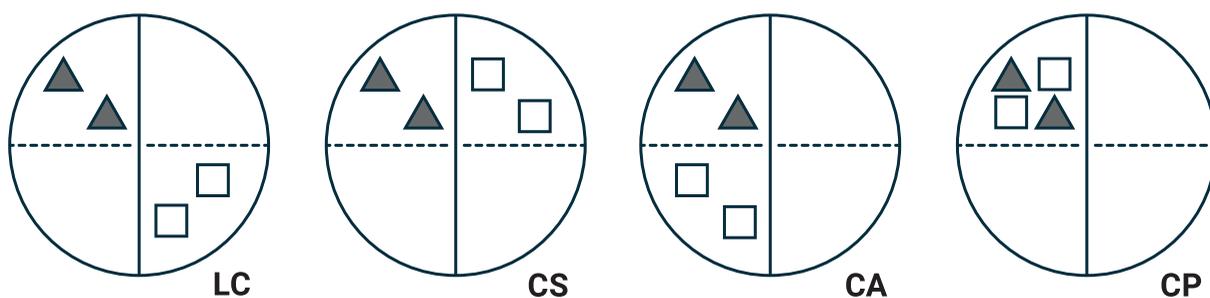


Figura 1. Diagrama de los contenedores (círculos) con las particiones aéreas (líneas enteras) y subterráneas (líneas cortadas) y el esquema de competencia entre tordillo (*Tordylium maximum*) (triángulos) y el cultivo (cuadrados): libre de competencia (LC), compartimentalización subterránea (CS), compartimentalización aérea (CA) y compartimentalización plena (CP).

Tal como ilustra la Figura 1 se trasplantaron dos plántulas de tordillo por contenedor, en un total de 36 contenedores. Luego, se sembraron tres semillas de cultivo en los cuadrantes correspondientes y una vez emergidas las plántulas, se procedió a un raleo para definir dos plántulas de cultivo por contenedor. Las cuatro alternativas de compartimentalización con tres repeticiones definieron 12 contenedores para cada cultivo.

Se realizaron riegos semanales con 160 ml de agua por contenedor, equivalente a una lámina de 8 mm. Luego de 60 días de la siembra, se procedió a la extracción de la parte aérea de la maleza y el cultivo, se secaron en estufa a 52 °C por 48 hs y luego se pesaron con una balanza digital de precisión (d=0,01) para determinar la materia seca aérea (MSA) tanto de la maleza como de los cultivos.

Se realizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial con 2 factores y 3 repeticiones, donde un factor fue la especie de cultivo con

3 niveles (trigo, triticale y vicia) y el otro factor fue la complementariedad de recursos entre tordillo y el cultivo, con cuatro niveles determinados por la naturaleza de los recursos: libre de competencia (LC), compartimentalización subterránea (CS), aérea (CA) y plena (CP).

Se estimaron los valores de rendimiento relativo (RR, Ec. 1) para cada especie en cada situación de competencia y se calcularon los índices de rendimiento relativo total (RRT, Ec. 2) y agresividad (AGR, Ec. 3):

$$\text{Ec. 1 } RR_i = \frac{R_{ij}}{R_{ii}} \quad \text{ó} \quad RR_j = \frac{R_{ji}}{R_{jj}}$$

donde RR_i y RR_j son los rendimientos relativos de las especies i y j , respectivamente, siendo i = tordillo y j =trigo, triticale o vicia, R_{ij} es la MSA de una planta de tordillo que creció con una planta de cultivo y R_{ji} es la MSA de una planta de cultivo que creció con tordillo, para cada una de las compartimentalizaciones CS,

CA y CP y R_{ii} o R_{jj} es la MSA de la maleza o el cultivo, respectivamente, que crecieron sin compartimentalizar recursos (LC).

$$\text{Ec. 2} \quad RRT = RR_i + RR_j$$

$$\text{Ec. 3} \quad AGR = RR_i - RR_j$$

Donde el rendimiento relativo total (RRT) es la suma de los rendimientos relativos de tordillo y un cultivo, siendo $RRT=1$ un indicador de la competencia entre ambas especies, $RRT>1$ complementariedad

de recursos y $RRT<1$ antagonismo/alelopatía entre ambos. El índice de agresividad (AGR) es la resta de los rendimientos relativos, siendo $AGR=0$ cuando ambas especies presentan la misma habilidad competitiva y $AGR<0$ ó $AGR>0$ cuando la mayor habilidad competitiva la presenta el cultivo o la maleza, respectivamente.

Los datos fueron analizados en el software Infostat ver. 2020p a través de modelos lineales generalizados (MLG) y la comparación de medias fue a través de la prueba de grupos excluyentes DGC, con $\alpha=0,05$.

Resultados y Discusión

Respuesta a la partición de los recursos

No se observaron diferencias significativas para la acumulación de MSA entre los cultivos, la partición de la competencia, ni en su interacción ($p>0,05$). La productividad promedio de trigo, triticale y vicia fue de 0,93, 0,98 y 0,88 g/contenedor y la productividad promedio de los cultivos en las cuatro particiones fue entre 0,92 y 0,95 g/contenedor (Figura 2). Estos resultados demuestran ninguno de los tratamientos de compartimentalización de recursos afectaron la MSA de los cultivos.

Por otra parte, en tordillo se observaron diferencias significativas en cuanto a la partición de los recursos compartidos ($p<0,05$), donde se estableció una reducción de la MSA en las situaciones de CS, CA o CP (Figura 2), igualmente significativas entre ellas. El efecto del cultivo y la interacción no fueron significativos ($p>0,05$), por lo cual se definió que el efecto de cualquiera de los tres cultivos sobre la maleza es estadísticamente similar.

De acuerdo con la interacción entre los cultivos y la compartimentalización de los recursos, solo el cultivo de trigo reduce significativamente la MSA de

tordillo ($p<0,05$) en cualquiera de las relaciones de compartimentalización, lo que significó una reducción del 43 % para la partición subterránea, 89 % para la partición aérea y 83% la partición de competencia plena (Tabla 1). Esta tendencia en la reducción de la MSA de tordillo cuando comparten el recurso aéreo se observó, también, con los cultivos de triticale y vicia, aunque no fue significativa ($p>0,05$).

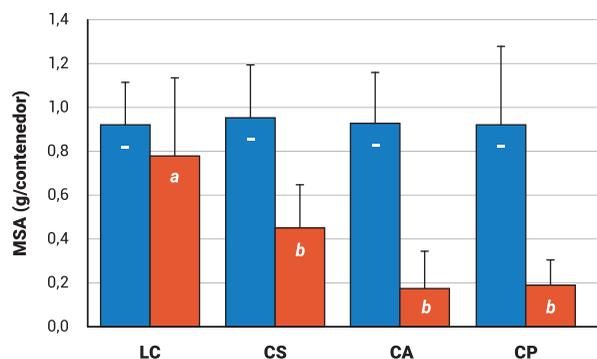


Figura 2. Relación entre la materia seca aérea (MSA, g/contenedor) del promedio de los cultivos de trigo, triticale y vicia (barras azules) y de tordillo (*Tordylium maximum*) (barras naranjas) con sus respectivas desviaciones estándares, en función de la compartimentalización de los recursos: libre de competencia (LC), compartimentalización subterránea (CS), aérea (CA) y plena (CP). Letras distintas indican diferencias significativas para la prueba DGC ($\alpha=0,05$).

Tabla 1. Materia seca aérea acumulada de tordillo (*Tordylium maximum*) que creció con los cultivos de trigo, triticale y vicia bajo las diferentes alternativas de compartimentalización de recursos: libre de competencia (LC), compartimentalización subterránea (CS), aérea (CA) y plena (CP), con los porcentajes de diferencia con respecto a LC entre paréntesis. Letras distintas indican diferencias significativas para la prueba DGC ($\alpha=0,05$).

	LC	CS	CA	CP
Trigo	0,81 ^a	0,46 (-43%) ^b	0,09 (-89%) ^b	0,14 (-83%) ^b
Triticale	0,76	0,50 (-34%)	0,29 (-62%)	0,25 (-67%)
Vicia	0,77	0,38 (-51%)	0,10 (-87%)	0,18 (-77%)

Competencia entre tordillo y los cultivos

De acuerdo con el índice RRT, solo se observó una situación de plena competencia entre tordillo y triticale al compartir recursos subterráneos (RRT=1,02). En las demás situaciones con trigo y vicia y todas las compartimentalizaciones el índice RRT se encontró entre 0,38 y 0,87. Esto significó que la MSA de tordillo no se modificó por cuestiones de competencia, sino que se debió a un amensalismo mutuo o alelopatía (Figura 3). Estos valores de RRT son relativamente bajos en comparación con otros estudios, en donde a bajas densidades como las evaluadas en este experimento suelen observarse situaciones de plena competencia, o bien, complementariedad de recursos.

En cuanto al índice AGR, todos los valores indicaron que la maleza posee una habilidad competitiva inferior a la de los cultivos, tanto para la captura y uso de recursos subterráneos, aérea y la combinación. Es decir, los cultivos son capaces de acumular una mayor MSA que la maleza.

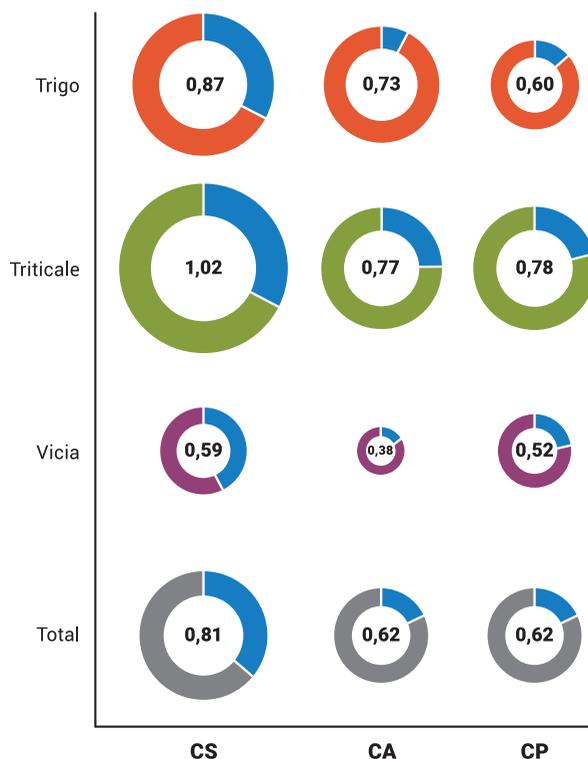


Figura 3. Expresión de los índices de rendimiento relativo total (RRT, números dentro de los círculos), como resultado de la suma de los rendimientos relativos (RR) de tordillo (*Tordylium maximum*) (color azul) y trigo (naranja), triticale (verde), vicia (rosa) y el promedio total de cultivos (gris) para las situaciones de compartimentalización de recursos subterráneos (CS), aérea (CA) y plena (CP). Nótese la proporción de color de los círculos que indican el RR de cada especie y en todos los casos la perteneciente a tordillo siempre es inferior a la mitad, denotando la menor habilidad competitiva que presentó la maleza ante los cultivos.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos luego del primer año experimental y según las condiciones de estudio establecidas, se concluye que tordillo no significaría una maleza importante en cuanto a la capacidad competitiva frente a trigo, triticale y vicia, con la breve excepción de la competencia por recursos subterráneos con triticale. Además, no se observa una reducción significativa de la materia seca aérea acumulada en los cultivos que conviven con tordillo.

Sería importante repetir el experimento para volver a analizar el efecto de los cultivos sobre la maleza y, además, evaluar la causa de la disminución de la acumulación de la materia seca aérea de tordillo. De esta manera podría estimarse con mayor precisión el efecto competitivo de tordillo con estos cultivos y el grado de importancia de la maleza durante el período otoño-invierno-primaveral.

Bibliografía

Acciaresi, H. A.; Principiano, M. A.; Álvarez, D. 2019. *Distribución y abundancia de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires*. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/6596> [consultado: 30 marzo 2024].

Schreiber, M. M. 1967. *A Technique for Studying Weed Competition in Forage Legume Establishment*. En: *Weeds* 15(1):1-4.

Sib. 2024. *Sistema de información de biodiversidad*. Disponible en: <https://sib.gob.ar> [consultado: 30 marzo 2024].

Troiani, H.; Prina, A. O. 1999. *Tordylium, género de Apiaceae adventicio en la República Argentina*. En: *Hickenia*, 2(25):115-118.

Zuloaga, F. O.; Belgrano, M. J. 2015. *The Catalogue of Vascular Plants of the Southern Cone and the Flora of Argentina: their contribution to the World Flora*. En: *Rodriguésia* 66(4):989-1024.

09

Respuesta a la altura de pastoreo de festuca alta defoliada según la vida media foliar

ESTEBAN MEDINA¹
EZEQUIEL PACENTE³
MARÍA JOSÉ BERIBE⁴
Y ÓMAR SCHENEITER^{2, 3, *}

¹ Actividad privada

² Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino Bovinos. (Argentina)

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino Estadística. (Argentina)

* joscheneiter@comunidad.unnoba.edu.ar

Se realizó un experimento para estudiar la respuesta de una pastura de festuca alta a tres alturas de pastoreo con una frecuencia equivalente a la vida media foliar de dicha especie. No se verificaron diferencias entre alturas de pastoreo en la acumulación neta de forraje ni en la eficiencia de pastoreo. Esto fue mediado por cambios adaptativos en la estructura de la pastura y por la homeostasis entre el crecimiento y la senescencia de hojas en la pastura.

Palabras clave: Fitomasa, Eficiencia de pastoreo, Macollos.

Introducción

La festuca alta es la principal gramínea forrajera perenne templada utilizada en la región pampeana Argentina con un nicho ecológico efectivo estimado en 235.000 km² en las provincias de Buenos Aires y sur de Santa Fe. En el norte de la provincia de Buenos Aires, excepto en verano, la festuca alta presenta valores de digestibilidad *in vitro* del orden del 63 al 69 %, fibra detergente neutro del 49 al 60 % y nitrógeno total del 2,6 al 4,8 %. Estos valores se obtienen cuando las pasturas son utilizadas con una frecuencia tal que evite la acumulación de hojas muertas y/o la presencia de cañas y estructuras reproductivas. Una forma de evitar lo primero es respetar un descanso entre pastoreos equivalente al periodo que transcurre entre la aparición y comienzo de amarillamiento de

una hoja, conocido como vida media foliar (VMF). Para lo segundo, se ha propuesto el control de la floración, ya sea mediante pastoreos intensos cuando comienza desarrollo reproductivo a fin de invierno o por corte mecánico luego de un pastoreo, a principios de floración. En relación a la altura de pastoreo, está demostrado que el aumento de la intensidad de pastoreo extiende el período requerido para que la pastura alcance tasas máximas de crecimiento bruto y, *a posteriori*, de senescencia y muerte de tejidos. Por el contrario, con pastoreo poco severo, los procesos de crecimiento bruto, envejecimiento y muerte de tejidos ocurren más rápidamente. Lo anterior implica, en un amplio rango de alturas de pastoreo, una compensación entre el crecimiento nuevo y la senescencia que resulta en una similar acumulación neta de forraje (homeostasis). La acumulación neta de forraje (ANF) es afectada cuantitativamente por las variaciones estacionales en la fenología y la morfología de la festuca, ambas, consecuencia del fotoperiodo y la temperatura. Adicionalmente, sin limitaciones nutricionales, la festuca alta expresa cambios en respuesta al manejo de la defoliación, en la relación tamaño/densidad de los macollos, que no necesariamente afectan la cantidad de forraje en oferta. En el norte de la provincia de Buenos Aires no hay suficiente información sobre el efecto de la altura de la defoliación sobre el crecimiento, la eficiencia de pastoreo y la estructura de pasturas de festuca alta bajo pastoreo rotativo en períodos de altas tasas de crecimiento. El conocimiento de tales relaciones ayudará a mejorar las recomendaciones de manejo de pasturas sobre la base de festuca alta para optimizar el crecimiento y su utilización con un manejo sustentable de las mismas. En base a lo anterior se presentan resultados de un experimento que indaga sobre la respuesta adaptativa de una pastura dominada por festuca alta, cuando es pastoreada con tres alturas, con un sistema de pastoreo rotativo y con una frecuencia basada en la VMF.

Desarrollo

El experimento se realizó en la EEA Pergamino del INTA, entre marzo del 2020 y diciembre del 2021, en una pastura de festuca alta + leguminosas, sembrada el 7 de junio de 2017 sobre un suelo Argiudol típico clase IIwe. La pastura se sembró en siembra directa y el antecesor fue un cultivo de soja. La festuca fue una mezcla de los cultivares Malma y Arizona a una densidad de 9 y 4 kg semilla/ha, respectivamente. Las leguminosas fueron trébol blanco cv Aquiles, trébol rojo cv Diábolito y *Lotus corniculatus* cv Nilo

sembrados a 1,5, 7,7 y 7,7 kg/ha, respectivamente. Al inicio del experimento, la pastura se componía de $\geq 90\%$ de festuca alta y $\leq 10\%$ de trébol blanco.

Los tratamientos fueron 3 alturas objetivo a la salida del pastoreo: **i)** Bajo (B): 4 cm, **ii)** Medio (M): 8 cm y **iii)** Alto (A): 12 cm. Las unidades experimentales (UE) fueron parcelas de 40 x 20 m (800 m²), las cuales fueron pastoreadas en forma individual. Durante el experimento, se simuló un sistema de pastoreo

rotativo, donde los animales ingresaron a cada parcela con una frecuencia, expresada como suma térmica (ST), de ~500 °C día en otoño y en primavera tardía y, con 350 °C día durante la primavera temprana (Temperatura base 4,0 °C, Agnusdei, 2013). La ST se calculó con datos de la estación meteorológica de la Estación Experimental INTA Pergamino ubicada a 2,8 km del sitio experimental.

Los períodos de medición fueron, en 2020 y en 2021, entre el 15/3 y el 15/6 (otoño) y, entre el 15/8 y el 15/12 (primavera). Durante el experimento se realizaron 13 pastoreos. Se utilizaron novillos mestizos de razas británicas que ingresaron cada vez que se alcanzó la ST objetivo para cada período. Previo a la entrada de los animales a las UE's, se midió la altura de 20 láminas extendidas al azar. Durante el pastoreo se ajustó la carga animal para que la altura objetivo de cada tratamiento se lograra en un período no mayor a 3 días y se monitoreó periódicamente la altura de 20 láminas extendidas al azar. Una vez alcanzada la altura objetivo, se retiraron los animales de cada UE y se clausuró la parcela hasta el próximo pastoreo.

Antes y después de cada pastoreo se midió:

1. la fitomasa a ras del suelo y a la altura de pastoreo objetivo en dos sitios por UE. Para ello se tomaron muestras que se pesaron, se homogeneizaron y se separaron alcuotas para determinar materia seca, material muerto (MM) y tejido verde (MV),
2. el IAF, mediante un medidor Licor LI 3100® y el posterior cálculo del área foliar específica (AFE, cm² lámina/g MS). Con el AFE, el peso seco de festuca alta /m² y el porcentaje de lámina se determinó el IAF de cada unidad experimental,
3. el peso y el porcentaje de lámina de 30 macollos por UE cortados a ras de suelo. Cada macollo se disectó en pseudotallo o tallo verde (incluida la vaina) y en lámina verde,

4. la densidad de la población de macollos en junio y diciembre de cada año, en dos marcos fijos de 0,048 m² por UE y,
5. la densidad de panojas en noviembre y diciembre de cada año, en tres marcos de 0,25 m² por UE.

Los tratamientos se dispusieron en un diseño en bloques completos. Las variables fijas fueron las alturas de salida del pastoreo y el período de medición y las variables que se midieron fueron, a la entrada y salida de los animales, la altura de la pastura, la fitomasa aérea, el IAF, el peso y el porcentaje de lámina de los macollos, la eficiencia de pastoreo del forraje en oferta en dos situaciones: a-cuando se estimó el forraje a ras del suelo y b-cuando se estimó el forraje a la altura objetivo de pastoreo¹ y, la tasa de crecimiento neto². Las variables medidas se analizaron mediante modelos mixtos para medidas repetidas en el tiempo. La densidad de macollos y de panojas se analizó para cada fecha de medición por separado mediante el ANOVA a un criterio de clasificación. Se estimó la relación entre las variables de estado mediante correlaciones simples de Pearson. Para el análisis se utilizó el programa estadístico Infostat®.

Las precipitaciones, fueron superiores al promedio histórico durante los primeros meses del otoño de 2020. Posteriormente, entre mayo y agosto y entre noviembre y diciembre se situaron por debajo del promedio histórico. Durante 2021, las lluvias fueron escasas entre junio y octubre y en diciembre, lo que generó restricciones en el crecimiento. Las temperaturas medias durante los periodos de otoño y primavera, tanto para el año 2020 como para el 2021, fueron ligeramente superiores a la media histórica.

¹ Eficiencia de pastoreo del forraje en oferta (%) = (MS en oferta prepastoreo - MS remanente pospastoreo) / MS en oferta prepastoreo x 100 (Ferri *et al.*, 2015).

² Tasa de crecimiento neto (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) = (MS en oferta en t1 - oferta de forraje en t0) / (t1 - t0). Donde, MS en oferta en t1 es el forraje presente (a ras del suelo y a la altura de pastoreo objetivo) al inicio del pastoreo cuando se alcanza la suma térmica objetivo, t0 es la MS remanente del pastoreo anterior, t1-t0 es la diferencia en días entre el comienzo de un pastoreo y la finalización del pastoreo anterior.

VARIABLES DE ESTADO

Las alturas a la salida del pastoreo efectivamente logradas resultaron ligeramente distintas a las alturas objetivos del experimento (11,1, 7,9 y 5,1 cm, para A, M y B respectivamente).

Las variables que describen el estado de la pastura, promedio de todo el experimento, evidenciaron

diferencias entre los valores pre y pospastoreo y entre tratamientos (Tabla 1). La única excepción fue el IAF prepastoreo que no se diferenció entre M y B. En otoño, las correlaciones entre los valores observados al inicio y al final del rebrote fueron todas significativas ($p < 0,001$) y altas ($r: 0,82$). En primavera, excepto la altura, fueron significativas ($p < 0,001$) y altas ($r: 0,83$).

Tabla 1. Variables de estado de una pastura de festuca alta, pastoreada con tres alturas objetivo a la salida del pastoreo, con una frecuencia de ~ 500 °C día en otoño y en primavera tardía y de 350 °C día durante la primavera temprana (Temperatura base 4,0 °C). Los valores son un promedio de las mediciones de primavera y otoño.

Variable	Medición	A	M	B	$p <$
Altura(cm)	Prepastoreo	20,0 ^a	16,5 ^b	13,2 ^c	0,001
	Pospastoreo	11,1 ^a	7,9 ^b	5,1 ^c	0,001
IAF	Prepastoreo	2,1	1,8	1,5	NS
	Pospastoreo	0,9 ^a	0,7 ^b	0,5 ^b	0,001
Forraje (kg MS ha ⁻¹)	Prepastoreo	2012 ^a	1687 ^b	1428 ^b	0,05
	Pospastoreo	1152 ^a	895 ^b	616 ^c	0,001

Letras distintas en el sentido de las filas indican diferencias $p < 0,05$ entre tratamientos.

ESTRUCTURA DE LA PASTURA

La densidad de la población de macollos, como promedio del experimento, se incrementó ($p < 0,01$) con la intensidad de pastoreo y lo contrario ocurrió con el peso de los mismos (Tabla 2). Sin embargo, en diciembre de 2021, con elevadas temperaturas y condiciones de sequía con respecto a la media histórica (+0,9 °C y -72 mm), la densidad de macollos fue menor ($p < 0,05$) con el pastoreo B (816, 632 y 559 macollos m⁻², para A, M y B, respectivamente, DMS 183). En tal sentido, Kemp *et al.* (2001), encontraron que, en festuca, cuando se reduce el área foliar para el rebrote (Ej. altura de pastoreo B), es poco tolerante a la defoliación debido a un filocrono lento, una baja AFE y una preferente asignación de carbono a estructuras no foliares. Los efectos acumulados de estos factores disminuyen el peso de los macollos y el número de plantas de festuca, en condiciones de sequía. Esto se debería a la escasez de fotosintatos resultantes de la defoliación de las hojas antes de que hubieran proporcionado a la

planta un retorno completo del carbono invertido en ellas. No se detectaron diferencias entre tratamientos en el porcentaje de lámina de los macollos individuales. Lo cual puede ser atribuido a que la festuca alta expresa cambios en la morfogénesis foliar (número y tamaño de las hojas) en respuesta a la severidad de defoliación (Insua *et al.*, 2019). La densidad de panojas antes del pastoreo de principios de noviembre, promedio de 2020 y 2021, fue mayor con A con respecto a B (190 vs 94 panojas m², $p < 0,05$). Luego del pastoreo, los valores correspondientes para A y B fueron 45 y 6 panojas m² ($p < 0,01$).

Tabla 2. Densidad, peso y porcentaje de lámina de macollos de una pastura de festuca alta, pastoreada con tres alturas objetivo de pastoreo, con una frecuencia de ~500 °C día en otoño y en primavera tardía y de 350 °C día durante la primavera temprana (Temperatura base 4,0 °C). Los valores son promedio de mediciones de primavera y otoño.

Variable	Medición	A	M	B	p<
Densidad (Macollos m⁻²)	Promedio jun '20 - jun '21	1454 ^b	1678 ^{ab}	2064 ^a	0,05
Peso (g MS macollo⁻¹)	Prepastoreo	0,12 ^a	0,09 ^b	0,07 ^c	0,001
	Pospastoreo	0,10 ^a	0,06 ^b	0,04 ^c	0,001
Porcentaje de lámina	Prepastoreo	60,9			
	Pospastoreo	53,7			

Letras distintas en el sentido de las filas indican diferencias p<0,05 entre tratamientos.

A medida que transcurrió el experimento, los tratamientos desarrollaron cambios en las variables de estado y estructurales, con una disminución en los valores a medida que la altura de pastoreo fue más baja. La excepción fue el porcentaje de lámina de los macollos, que resultó similar para todos los tratamientos

(Tabla 3). Al igual que en raigrás perenne (Tuñón et al., 2013), las pasturas de festuca pueden utilizar su capacidad para adaptar el macollaje a los regímenes de defoliación. Por lo tanto, cualquier efecto del manejo de la defoliación puede quedar enmascarado por la compensación de tamaño/densidad de los macollos.

Tabla 3. Variables de estado y estructurales de una pastura de festuca alta pastoreada con tres alturas objetivo de pastoreo, con una frecuencia de ~500 °C día en otoño y en primavera tardía y de 350 °C día durante la primavera temprana (Temperatura base 4,0 °C), al inicio del experimento (marzo de 2020) y previo a un pastoreo en marzo de 2021.

Marzo 2020				
Altura (cm)	23,9			
IAF	2,2			
Forraje en oferta (kg MS ha⁻¹)	1990			
Material muerto (kg MS ha⁻¹)	1220			
g MS macollo⁻¹	0,16			
% lámina	62,5			
Marzo 2021				
	A	M	B	p<
Altura (cm)	16,4 ^a	10,9 ^b	7,2 ^b	0,01
IAF	2,3 ^a	1,4 ^b	1,0 ^b	0,05
Forraje en oferta (kg MS/ha)	2105 ^a	1290 ^b	942 ^b	0,05
Material muerto (kg MS/ha)	1963 ^a	1320 ^b	838 ^b	0,01
g MS/macollo	0,16 ^a	0,08 ^b	0,05 ^b	0,05
% lámina	61,9	NS	616 ^c	0,001

Letras distintas en el sentido de las filas indican diferencias significativas p<0,05.

Acumulación neta de forraje y eficiencia de pastoreo

La tasa de acumulación neta de forraje fue mayor en primavera con respecto al otoño (47,3 vs 15,6 kg MS ha⁻¹día⁻¹), sin diferencias entre tratamientos. Los valores anteriores resultarían en una acumulación neta anual de 7.202 kg MS/ha durante los períodos evaluados.

La eficiencia de pastoreo, del forraje en oferta a ras del suelo, fue en promedio de 50,2 %. Esta variable fue afectada por la interacción año por período de

medición ($p < 0,001$). Para cada año, fue mayor en primavera con respecto al otoño (51,2 vs 39,1 y 63,5 vs 47,1 %, para 2020 y 2021, respectivamente) y, en 2021, mayor con respecto a 2020 (55,3 vs 45,2 %). La eficiencia de pastoreo a la altura de pastoreo objetivo fue de 70,6 %, sin diferencias entre tratamientos.

Conclusiones

La estructura de una pastura de festuca alta, evidencia plasticidad estructural en respuesta a la altura de pastoreo. Bajo condiciones ambientales no limitantes, la densidad de macollos se incrementa a medida que la altura de pastoreo disminuye y lo contrario ocurre con el peso de los mismos.

La festuca alta revela, ante variaciones en la altura de pastoreo, homeostasis entre crecimiento y

senescencia de tejidos, lo cual resulta en similares tasas estacionales y de acumulación neta anual de forraje

En festuca alta, los valores de eficiencia de pastoreo serían poco flexibles a cambios en la altura de pastoreo. En cambio, la diferencia en el hábito de crecimiento de la pastura entre otoño y primavera tendrían un efecto importante en la magnitud de la eficiencia de pastoreo

Bibliografía

Agnusdei, M. G. 2013. *Rol de la Ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas*.

En: Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 21 (1): 63-78.

Ferri C. M.; Sáenz, A. M.; Jouve, V. V. 2015. *Términos de uso frecuente en producción y utilización de pasturas*. SEMIÁRIDA. En: Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 25(1): 41-61.

Insua, J. R.; Agnusdei, M. G.; Berone, G. D.; Basso, B.; Machado, C. F. 2019. *Modeling the Nutritive Value of Defoliated Tall Fescue Pastures Based on Leaf Morphogenesis*. En: *Agronomy Journal* 3 (2):1–11. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0439>

Kemp, P. D.; Tavakoli, H.; Hodgson, J. 2001. *Crop Physiology and Management: physiological and morphological responses of tall fescue and perennial ryegrass to leaf defoliation*. En: 10th. Australian Agronomy Conference, Jan 29–Feb 1; Hobart, Australia.

Tuñón, G.; Kennedy, E.; Horan B.; Hennessy, D.; Lopez-Villalobos, N.; Kemp, P.; Brennan A.; O'Donovan, M. 2013. *Effect of grazing severity on perennial ryegrass herbage production and sward structural characteristics throughout an entire grazing season*. En: *Grass and Forage Science* 69: 104–118.



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



Ministerio de Economía
Argentina