

RTA

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. Silvana B. Restovich

Dra. (MSci) Ing. Agr. Raquel Defacio

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvana 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 Giannoni

Colaboración Fotográfica de Portada:

Ing. Agr. Jorge Ómar Scheneiter

Colaboradora de Edición:

Lic. Mónica Coronel

DATOS EDITORIALES

Vol. 12. N° 45

Agosto 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

SUMARIO

5

Ajuste de dosis de fosfato monoamónico en *Brassica Carinata*

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

11

Análisis genotipo-ambiente de cultivares comerciales de girasol en el noroeste de Buenos Aires

Matías Domínguez, Gonzalo Pérez, Javier Lavandera, Pamela Giles García y Carolina Estelrich.

17

Estructura y eficiencia de pastoreo de una pastura de alfalfa pastoreada con diferentes intensidades

Manuel Chimento, Ezequiel Pacente, María José Beribe y Jorge O. Scheneiter.

24

Fertilización otoñal en festuca alta: intercepción de la radiación y producción de forraje

Agustina Lavarello Herbin, Esteban Blazeovich y Juan Mattera.

30

Respuesta de un híbrido de maíz a cambios en la oferta de recursos suterráneos. Campaña 2023/2024

María G. Tellería y María Paula Melilli.

35

Contribución de fósforo, azufre y zinc al crecimiento, nutrición y rendimiento de maíz

Gustavo N. Ferraris, Trinidad Reddel y Mauro Balza.

41

Fertilización con fósforo, azufre y zinc en soja. Estructura del cultivo, rendimiento y componentes

Gustavo N. Ferraris, Trinidad Reddel y Mauro Balza.

47

Infiltración básica en lotes bajo agricultura continua del norte de la provincia de Buenos Aires

Javier Elisei.

50

Efecto de la fertilización azufrada en la productividad del trigo y su interacción con el nitrógeno

David Melión y Romina Paola De San Celedonio.

56

TESIS DE MAestrÍA Efecto de la fertilización de largo plazo con fósforo y nitrógeno en las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociadas al cultivo de maíz

Braian Gaset.

58

TESIS DOCTORAL Aportes de la biología de Capín (*Echinochloa colona L. Link*) para un manejo proactivo de la resistencia a glifosato

Gabriel Picapietra.



Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca



Estación Experimental Agropecuaria Pergamino

Editorial

Pergamino, agosto de 2024

Estimados Lectores:

Nuestra Revista de Tecnología Agropecuaria tiene un nuevo número y continúa aportando de manera sostenida a la generación del conocimiento desde la Estación Experimental INTA Pergamino.

Ello queda reflejado en las diversas temáticas abordadas desde los distintos grupos de trabajo de nuestra EEA. Los mismos involucran temas que son de relevancia en los sistemas productivos regionales y contribuyen al desarrollo sostenible del Sector Agrobioindustrial (SAB) en el plano productivo, económico y/o ambiental.

Merece destacarse el abordaje de áreas relacionadas con el manejo de adversidades abióticas y la incidencia de las deficiencias nutricionales en la productividad de cultivos extensivos, como así también la eficiencia de uso de nutrientes.

Resulta interesante, asimismo, el enfoque de aquellos trabajos vinculados con el manejo de sistemas pastoriles, el manejo de suelos, el estudio de genotipos de girasol y la interacción genotipo-ambiente.

Por otra parte, es muy importante destacar la presentación de dos trabajos relacionados con el desarrollo de tesis de postgrado, uno de maestría y otro de doctorado, por parte de jóvenes profesionales de nuestra EEA. Este es un aspecto, que más allá del abordaje disciplinar resulta relevante habida cuenta de contar con recursos humanos capacitados y contribuyendo a la generación de conocimiento de calidad y la consolidación de los grupos de trabajo de la EEAP.

Merecen una mención particular, como en cada instancia de publicación de un nuevo número, los equipos de trabajo de la Estación Experimental que han contribuido con sus aportes al sostenimiento de nuestra Revista, como así también al

comité editorial, los revisores y el equipo de colaboradores que hacen posible la vigencia de nuestra Revista.

Hasta el próximo número.

Dr. (MSci.) Horacio Acciaresi

Director | EEA Inta Pergamino

01

Ajuste de dosis de fosfato monoamónico en *Brassica Carinata*

GUSTAVO N. FERRARIS^{1, *},
FERNANDO JECKE^{2,}
FERNANDO MOUSEGNE^{2,}
GONZALO SANTIA²
Y ORLANDO VELLAZ³

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

Los fertilizantes junto a la semilla suelen causar efectos de fitotoxicidad. *Brassica carinata*, de semilla pequeña y dificultosa implantación, podría ser especialmente sensible. La siembra superficial podría facilitar el distanciamiento vertical con el fertilizante. El crecimiento compensatorio tendría un efecto superior al potencial daño inicial, al menos hasta la dosis de 60 kg MAP/ha.

Palabras clave: *Brassicaceas*, Fósforo, Fitotoxicidad, Crecimiento.

Introducción

El fósforo (P) es un elemento determinante en los cultivos invernales para aumentar la producción de granos y favorecer 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 con la fertilización (Gangadhar *et al.*, 2020). La dosificación correcta debería definirse en función del nivel de P en suelo, el umbral crítico y de equivalentes fertilizantes (EF) ajustados, considerando EF a la tasa de reemplazo con fertilizante por cada mg/kg de disponibilidad en el suelo por debajo del umbral crítico. La brassicáceas encuadran bien en este marco general (Goswami *et al.*, 2023).

Otro aspecto importante es la tolerancia a los fertilizantes en línea de siembra. Soja, girasol, maíz o arveja son especies sensibles, mientras que los cereales de invierno son más tolerantes. Por las características de la semilla y plántula, la emergencia en brasicáceas es fácilmente perjudicada (Khamzina *et al.*, 2023; Lawton, 2019). Sin embargo, un distanciamiento posicional por diferente profundidad entre semilla y fertilizante, y el uso de hileras estrechas podría mejorar el comportamiento.

El objetivo de este experimento es evaluar la respuesta al agregado creciente de fosfato monoamónico (MAP, 11-23-0) en línea de siembra, en la emergencia, rendimiento y otras variables intermedias de *Brassica carinata*. Hipotetizamos que 1. El cultivo de carinata expresa una caída en la emergencia cuando se agregan dosis elevadas de MAP en línea, y 2. La respuesta compensatoria incrementa en todo el rango de dosis evaluada en el experimento.

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. Se sembró 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 experimento se implantó el día 13 de Junio de 2023.

de 0,2 m entre líneas. Todas las parcelas recibieron una fertilización de base urea granulada a la dosis de 200 kg/ha (46-0-0), en presiembra incorporada. En Pergamino el suelo contaba con una disponibilidad de 10,3 mg/kg de P Bray-I (0-20 cm) y 59,7 kg N/ha (0-40 cm). En San Antonio de Areco por su parte, la oferta inicial fue de 13,1 mg/kg de P Bray-I (0-20 cm) y 25,1 kg N/ha (0-40 cm).

En ambos casos, se utilizó el híbrido Nuseed Nujet 350 a una densidad de 140 pl/m² y con distanciamiento

Tabla 1. Dosis crecientes de fertilización fosforada aplicados en línea. INTA Pergamino y San Antonio de Areco, Campaña 2023.

Tratamiento	Descripción	Dosis (hg/ha)
T1	Control	0
T2	MAP (12-23-0)	30
T3	MAP (12-23-0)	60
T4	MAP (12-23-0)	90
T5	MAP (12-23-0)	120

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 2 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo

Tabla 2. NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa seca aérea (**BA**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos y NDVI por Green seeker. Fertilización fosforada en *Brassica carinata*. Pergamino, año 2023.

T	Dosis MAP	NDVI F2	Vigor (1-5)	BA F2 (kg ha ⁻¹)	Altura (cm)
T1	Control	0,49	3,0	11089	109
T2	MAP 30	0,52	3,5	12322	115
T3	MAP 60	0,55	3,7	14897	121
T4	MAP 90	0,54	3,5	12998	117
T5	MAP 120	0,55	3,5	12851	123
	R ² vs rend	0,57	0,73	0,94	0,39

T	Dosis MAP	Intercepción F2 (%)	NG/m ²	PG x 1000 (g)
T1	Control	89,3	96781	4,0
T2	MAP 30	95,2	103244	4,2
T3	MAP 60	97,6	128780	4,1
T4	MAP 90	98,3	121282	3,9
T5	MAP 120	97,5	107531	4,0
	R ² vs rend	0,55	0,94	0,01

SAN ANTONIO DE ARECO

En la Tabla 3 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo.

Tabla 3: NDVI por Green seeker, calificación del vigor, biomasa verde aérea (**BV**) en floración plena (**F2**), altura final de las plantas, intercepción, número (**NG**) y peso (**PG**) de los granos. Fertilización fosforada en *Brassica carinata*. San Antonio de Areco, año 2023.

T	Dosis MAP	NDVI F2	Vigor (1-5)	BA F2 (kg ha ⁻¹)	Altura (cm)
T1	Control	0,65	3,0	66344	128
T2	MAP 30	0,65	3,3	67344	133
T3	MAP 60	0,64	3,1	65875	119
T4	MAP 90	0,64	3,9	73844	141
T5	MAP 120	0,64	3,8	68156	130
	R ² vs rend	0,54	0,41	0,04	0,00

T	Dosis MAP	Intercepción F2 (%)	NG/m ²	PG x 1000 (g)
T1	Control	95,9	115679	3,4
T2	MAP 30	96,5	121071	3,5
T3	MAP 60	98,1	129753	3,4
T4	MAP 90	96,3	127580	3,4
T5	MAP 120	98,3	135432	3,4
	R ² vs rend	0,72	0,93	0,01

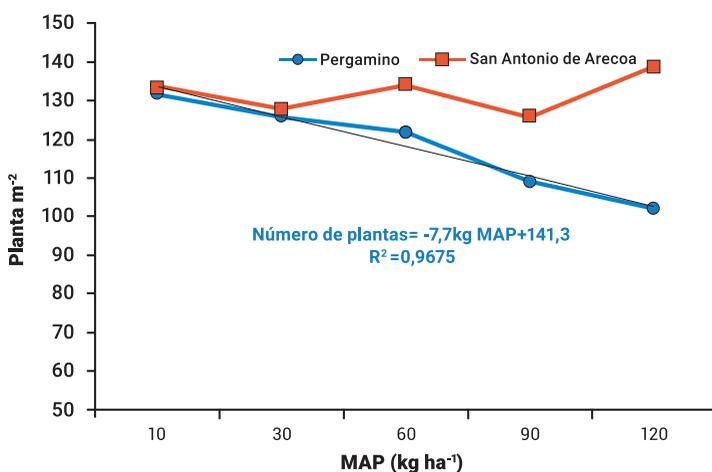


Figura 1. Emergencia (pl m²) según dosis de MAP en línea, para las localidades de Pergamino y San Antonio de Areco. *Brassica carinata*, año 2023.

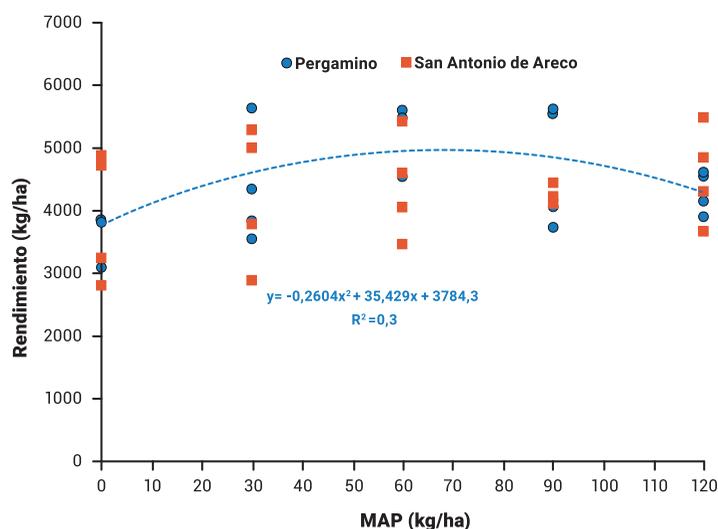


Figura 2. Rendimiento (kg ha⁻¹) según dosis de MAP en línea, para las localidades de Pergamino y San Antonio de Areco. *Brassica carinata*, año 2023.

Las precipitaciones fueron 308,1 mm en Pergamino y 363 mm en San Antonio de Areco. El cultivo logró superar una etapa de sequía inicial, mejorando su estado durante la primavera. Las plantas expresaron un porte moderado en Pergamino con una muy buena fructificación y alto índice de cosecha, mientras que exhibieron un porte exuberante en San Antonio de Areco. El invierno fue templado, registrando descensos bruscos en primavera, que no afectaron los rendimientos. La productividad media fue de 4504 y 4280 kg/ha para Pergamino y San Antonio de Areco, respectivamente.

Las variables intermedias reflejaron el efecto de tratamiento y presentaron una alta relación con rendimiento. En Pergamino las variables con mayor asociación fueron NDVI, vigor, materia seca, altura, interceptación y NG (Tabla 2). En San Antonio de Areco la relación entre variables fue también consistente. Se comprobó alta relación con rendimiento en NDVI, calificación del vigor, interceptación y NG (Tabla 3). El número de plantas establecidas disminuyó con la dosis de fertilizante en Pergamino, pero no así en San Antonio de Areco. La diferencia podría residir en el posicionamiento relativo de semilla y MAP. En Pergamino el contacto fue directo. En San Antonio de Areco se observó una separación > a 1 cm. De acuerdo con la función lineal ajustada sobre los datos de Pergamino, la emergencia se redujo en 7,7 plantas establecidas por kg de MAP aplicado (Figura 1).

Como sucediera con la emergencia, el rendimiento también reflejó un contraste entre localidades. En Pergamino el mejor ajuste correspondió a una función cuadrática, con la máxima productividad en 60 kg/ha (Tabla 2 y Figura 2). Por el contrario, en San Antonio de Areco no presentó correlación entre rendimiento y **dosis de MAP (Figura 3)**. La mayor respuesta obtenida en Pergamino se podría adjudicar a la concentración más baja de P inicial (Tabla 2)



Fotografía 1. Vista aérea del experimento Pergamino.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten responder a las hipótesis planteadas. La hipótesis 1 es parcialmente aceptada. La aplicación de MAP en línea redujo la emergencia en Pergamino, pero no en San Antonio de Areco. La hipótesis 2 también se acepta en forma parcial. El "plateau" de rendimiento se obtuvo en 60 kg/ha en Pergamino. La información relevada resulta de suma utilidad para el manejo a campo de la especie. Se evidencia respuesta a P, cuando los niveles de P disponible son bajos, con la restricción de no afectar la implantación del cultivo. La separación de semilla y fertilizante es una práctica prudente, siempre que la maquinaria lo permita.

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.

Gangadhar, K. V.; Brar, B. S. 2020. *Response of phosphorous and growth regulators on oil seed crops: A review*. En: International Journal of Chemical Studies, 8(6), 2010-2016.

Goswami, V. B.; Singh, T. 2023. *Response of different levels of sulphur and phosphorus on growth, yield and quality of Indian mustard (Brassica juncea L.)*. En: The Pharma Innovation Journal 2023; 12(12): 576-580.

Lawton, K. 2019. *Growing carinata in the Southeastern US*. En: Crops & Soils, 52(5), 18-21.

Khamzina, B.; Bulashev, B.; Nurmanov, Y.; Tultabayeva, T.; Nurmukhanbetova, N.; Toimbayeva, D. & Myrzabayeva, G. 2023. *The effects of ammonium phosphate fertilization on yield and yield components of Mustard varieties in chernozem soil*. En: Eurasian Journal of Soil Science, 12(2), 169-176.

02

Análisis genotipo-ambiente de cultivares comerciales de girasol en el noroeste de Buenos Aires

MATÍAS DOMÍNGUEZ^{1,*}

GONZALO PÉREZ²,

JAVIER LAVANDERA¹,

PAMELA GILES GARCIA²

Y CAROLINA ESTELRRICH²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Sección Girasol. (Argentina)

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

* dominguez.matias@inta.gov.ar

El análisis de la interacción genotipo por ambiente de los híbridos comerciales que se encuentran disponibles actualmente en el mercado de semillas de girasol resulta fundamental para identificar los cultivares de mayor estabilidad y adaptabilidad a la región del noroeste de Buenos Aires.

Palabras clave: Estabilidad, Rendimiento, Aceite, Híbridos.

Introducción

El cultivo de girasol dada sus características de adaptabilidad y tolerancia a condiciones de estrés hídrico viene recobrando protagonismo en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. En el caso del oeste de Buenos Aires, más allá de algunos vaivenes, no dejó de estar presente en las rotaciones como una interesante alternativa. Asimismo, las sequías que se presentaron en las últimas campañas y la irrupción del achaparramiento del maíz transmitido por *Dalbulus maidis* potencian la necesidad de explorar otras opciones y diversificar el riesgo incluyendo otros cultivos en la rotación.

El análisis de la interacción genotipo por ambiente es una estrategia de análisis que ha sido ampliamente explorada por diversos autores, incluyendo genetistas cuantitativos, mejoradores, estadísticos entre otros, con el objetivo de poder modelar esta interacción y permitir su utilización para la identificación de aquellos cultivares que tengan una mayor adaptabilidad, superioridad y estabilidad en diferentes ambientes (De La Vega *et al.*, 2002). Existen diferentes métodos para estudiar la interacción genotipo-ambiente, podemos nombrar entre ellos la regresión conjunta propuesta de Finlay-Wilkinson, los modelos AMMI, GGE y el análisis de estabilidad (Van Eeuwijk *et al.*, 2016). Dentro de este último, se han reportado numerosos índices que pueden implementarse, entre los cuales podemos mencionar el índice de superioridad de Lin & Bins (Lin & Binns, 1988), el índice de estabilidad de Shukla (Shukla, 1972) y el índice de ecovalencia de Wricke (Wricke, 1962).

En este trabajo se presenta el análisis de interacción genotipo por ambiente de 46 híbridos comerciales de girasol en Bolívar y Arroyo Dulce, dos localidades del noroeste de Buenos Aires, con el objetivo de identificar híbridos con estabilidad y adaptabilidad a la región.

Materiales y Métodos

Los experimentos se realizaron durante la campaña 2023/24 en las localidades de Arroyo Dulce (34° 08' 34.2" S, 60° 23' 43.0" O), partido de Salto a 25 km de la Experimental del INTA Pergamino en un lote de un productor y en la localidad de Bolívar en el campo experimental Barnetche (36° 13' 09"S, 61° 09' 44" O). Para la localidad de Arroyo Dulce el cultivo antecesor fue maíz. Se realizó un barbecho químico para control de malezas aplicando 2 l/ha de Glifosato (66,2 %), 0,8 l/ha de 2.4D (98 %). En presembrado se aplicó 2,5 l/ha de Paraquat, 0,4 l/ha de Sulfentrazone, 1 l/ha de S-Metolaclo y 0,25 l/ha de aceite como coadyuvante. Para la localidad de Bolívar, el antecesor fue trigo-soja 2°. Se aplicaron 2 l/ha de Glifosato + 0,5 l/ha de 2,4 D + 0,1 l/ha de Flumioxazin como barbecho químico y en preemergencia 2 l/ha de Glifosato + 0,5 l/ha de 2,4 D + 0,2 l/ha de Sulfentrazone + 1,5 l/ha de acetoclor. La

fertilización en ese momento fue de 100 kg/ha con Fosfato Monoamónico (N:11%; P2O5:52%) y posteriormente, en el estadio V2 se aplicó Urea (N:46%) al voleo a razón de 200 kg/ha.

En la localidad de Arroyo Dulce, la fecha de siembra fue el 8 de noviembre de 2023 sobre un suelo clasificado como Argiudol típico, en siembra directa con una densidad de 45.000 plantas/ha y con una distancia entre surcos de 0,52 m. El diseño experimental fue de bloques incompletos con 3 repeticiones y el tamaño de las unidades experimentales fueron parcelas de 5 m de longitud por 4 surcos. La cosecha se realizó manualmente el día 19 de marzo de 2024 recolectando los capítulos presentes en un área de 5,2 m² y posteriormente se trillaron con una trilladora estática. Las precipitaciones para los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo fueron

de 80, 155, 85, 110 y 223 mm respectivamente. Si bien las condiciones hídricas fueron mejores a las de la campaña 2022/23, las precipitaciones de los meses de noviembre y enero estuvieron por debajo del promedio histórico. En relación a las temperaturas, durante los últimos días de enero y los primeros días de febrero se registraron temperaturas extremas que pudieron afectar el llenado de granos por parte del cultivo.

En la localidad de Bolívar, la fecha de siembra fue el 10 de octubre de 2023, en siembra directa con una densidad de 55.000 plantas/ha y con una distancia entre surcos de 0,52 m. El diseño experimental fue de bloques incompletos con 3 repeticiones y el tamaño de las unidades experimentales fueron parcelas de 5 m de longitud por 4 surcos. La cosecha se realizó manualmente el día 6 de marzo de 2024 recolectando los capítulos presentes en un área de 5,2 m² y posteriormente se trillaron con una trilladora estática. El análisis de suelo (0-20 cm) a la siembra mostró un moderado contenido de fósforo y nitrógeno, y un buen contenido de materia orgánica [pH agua: 5,8; Pe: 13,3 (kg/ha); N: 35 (kg/ha); materia orgánica: 3 %]. A la siembra del cultivo, el suelo contaba con 85 mm de agua útil (0-2 m), siendo este valor un 50% de la capacidad de almacenamiento de agua útil del sitio donde se realizó el experimento. Las lluvias de octubre

a marzo fueron superiores al promedio histórico en 151 mm. En noviembre, diciembre, febrero y marzo resultaron superiores al registro histórico y considerablemente inferiores durante el mes de enero.

Se evaluaron los mismos 46 híbridos comerciales en ambas localidades, representando la mayor parte de los híbridos comerciales disponibles actualmente en el mercado, incluyendo híbridos CL, convencionales, linoleico y alto oleico. Las variables evaluadas fueron los días a floración, altura de la planta, rendimiento de granos ajustado a una humedad del 11%, contenido de aceite por RMN (Resonancia Magnética Nuclear) y rendimiento ajustado por aceite (RENSA).

Para estudiar la interacción genotipo-ambiente empleamos la variable RNSA, permitiendo integrar los dos factores más importantes al momento de evaluar genotipos de girasol como lo es el rendimiento de grano y el contenido de aceite. Se implementó el análisis de regresión de Finlay & Wilkinson utilizando el paquete de R statgenGxE. Asimismo, se realizó un análisis de estabilidad para poder identificar los híbridos de girasol con mayor estabilidad y adaptabilidad a la región del noroeste de Buenos Aires utilizando el paquete de R statgenGxE. Se calcularon tres índices diferente, entre ellos el índice de superioridad de Lin & Bins, el índice de estabilidad de Shukla y el índice de ecovalencia de Wricke.

Resultados y Discusión

La comparación entre las medias obtenidas para cada una de las variables nos permite ver que las condiciones fueron mejores para la localidad de Bolívar, en la cual se pueden notar mayores valores medios para los caracteres de altura, días a floración, RNSH y RNSA (Figura 1). Por su parte, el contenido porcentual de aceite fue similar para ambas localidades, incluso se obtuvieron valores levemente superiores en Arroyo Dulce. Las diferencias

de rendimiento alcanzado por ambas localidades pueden ser explicadas por las diferencias en la fecha de siembra, ya que, debido a mejores condiciones hídricas, el experimento realizado en Bolívar fue sembrado aproximadamente un mes antes que en la localidad de Arroyo Dulce. Esto les permitió a los híbridos prolongar la fase de crecimiento, además de que el periodo crítico para la localidad de Arroyo Dulce se desarrolló en condiciones de temperaturas

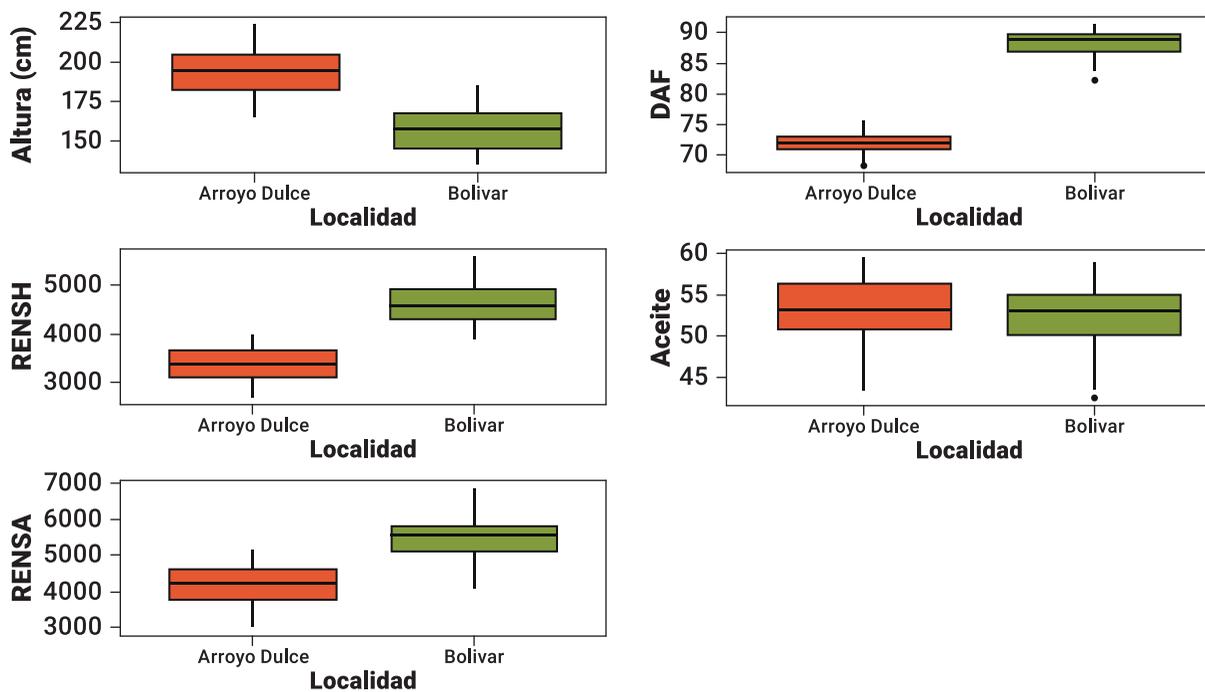


Figura 1. Comparación de medias para las variables altura, días a floración (DAF), rendimiento de grano (RENSH), aceite y rendimiento ajustado por aceite (RENSA).

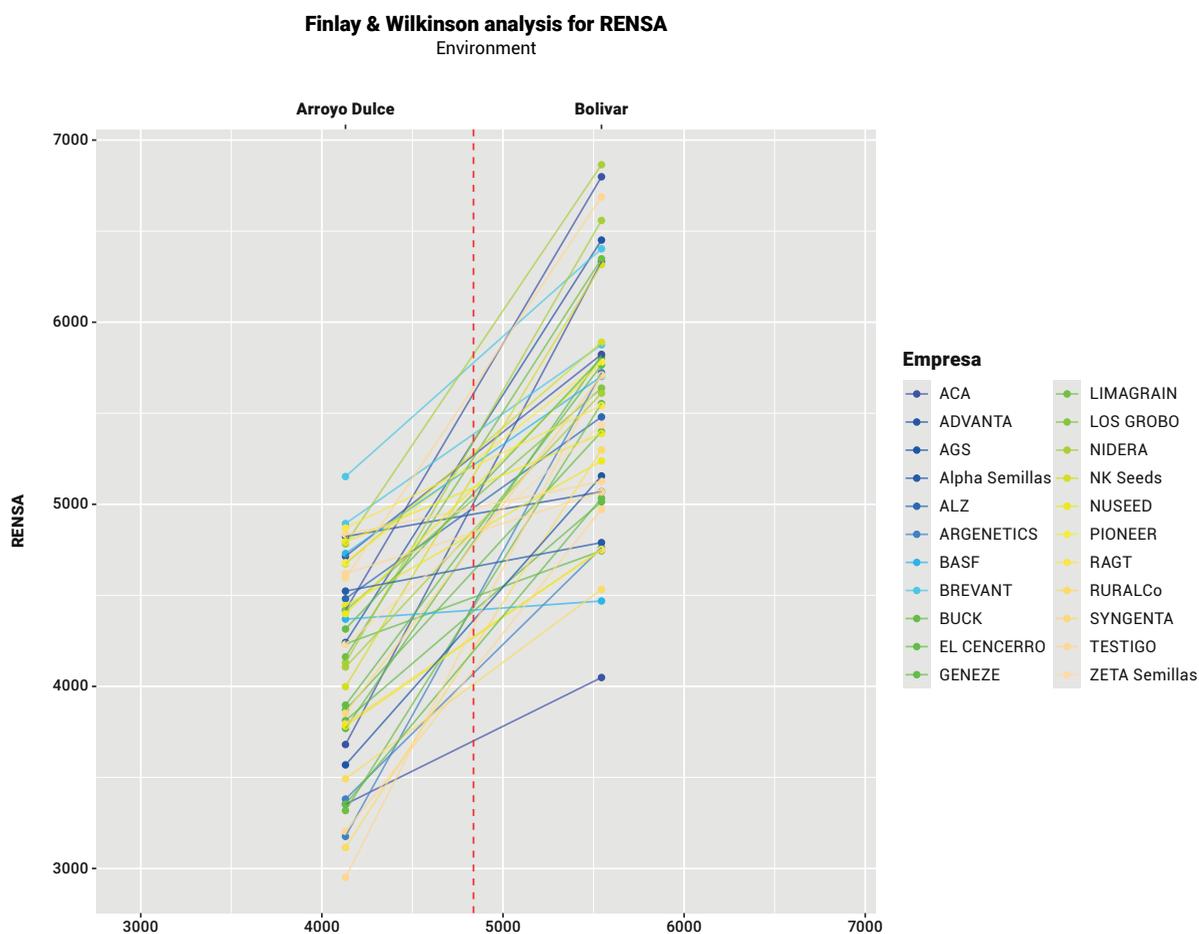


Figura 2. Análisis de regresión conjunta de Finlay & Wilkinson para los 46 híbridos estudiados en las localidades de Arroyo Dulce y Bolívar. Los híbridos se identifican con distintos colores acorde a la empresa semillera que lo comercializa.

extremas provocadas durante los últimos días de enero y primeros días de febrero que pudieron afectar negativamente esta etapa.

El análisis de regresión de Finlay & Wilkinson permitió determinar distintos tipos de interacción genotipo por ambiente para la variable RENSA, denotándose genotipos que mostraron interacción de tipo cuantitativa y de tipo cualitativa o cruzada, siendo ésta última cuando hay cambios de ranking entre genotipos. En la Figura 2 puede verse los resultados del análisis de regresión de Finlay & Wilkinson, en el eje de las abscisas se muestra el índice ambiental

creado a través de los valores medios de todos los genotipos en cada uno de los ambientes. En el eje de las ordenadas se presenta el valor de la variable RENSA en Kg/ha que obtuvo específicamente cada genotipo en los dos ambientes estudiados.

El análisis de estabilidad nos permitió en función del índice que se considere integrar la performance de cada híbrido y la sensibilidad a las condiciones que se dieron en las localidades estudiadas. En la Tabla 1 se presentan el ranking de los mejores cinco híbridos para la variable RENSA de acuerdo a los tres índices de estabilidad utilizados.

Tabla 1. Ranking de los cinco híbridos que alcanzaron los mejores valores de los índices de superioridad de Lin & Bins, de estabilidad de Shukla y de ecovalencia de Wricke para la variable RENSA.

RENSA								
Híbrido	Media	Sup.	Híbrido	Media	Shukla	Híbrido	Media	Wricke
NS 1113 CL	5823	34277	InSun 4B 2210 CL.	4419	4972	NUSOL 4180 CL Plus	5089	504
BRV 4225 CL	5778	53248	ADV 5310 CL	4946	30174	Argensol 78 CL	4071	556
Testigo 2	5642	85377	TAU 1812	4656	35484	PLYUS 59	5060	2899
ACA 220 CLDM	5608	135949	Testigo 1	4980	42647	NS 1227 CLHO	4858	4105
ADV 5407 CL	5346	250289	Testigo 3	4844	100648	BUCK 363CL	4634	6638

El índice de superioridad es una función de la suma de las diferencias al cuadrado entre la media de un cultivar y la media del mejor cultivar, siendo la suma a través de ambientes. Los híbridos con los valores menores de superioridad tienden a estar más cerca del mejor genotipo en cada ambiente. El índice de Shukla se define como la varianza en torno a la media fenotípica del genotipo en todos los ambientes, por lo que proporciona una medida de la consistencia del genotipo, sin tener en cuenta la performance. El índice de ecovalencia de Wricke es la contribución de cada genotipo a la suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente. Un valor bajo indica que el genotipo responde de forma consistente a los cambios del ambiente.

Conclusiones

El trabajo muestra la importancia que tiene la interacción del genotipo-ambiente en el cultivo de girasol y la necesidad de continuar generando información para las distintas zonas donde el cultivo se encuentra en las rotaciones o bien comienza a introducirse. Asimismo, los resultados permitieron identificar híbridos superiores y estables para la zona del noroeste de Buenos Aires. La comparación realizada entre los diferentes índices de estabilidad abordados en este trabajo da cuenta de la importancia del entendimiento de la forma de cálculo de los mismos y el tipo de información que proporcionan, para poder utilizarlos como insumo al momento de la selección de genotipos.

Bibliografía

De La Vega, A. J.; Hall, A. J.; Kroonenberg, P. M. 2002. *Investigating the physiological bases of predictable and unpredictable genotype by environment interactions using three-mode pattern analysis*. En: *Field Crop Research* 78:165–183.

Lin, C. S.; Binns, M. R. 1988. *A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data*. En: *Canadian Journal of Plant Science* 68:193–198.

Shukla, G. K. 1972. *Some Statistical Aspects of Partitioning Genotype-Environmental Components of Variability*. En: *Heredity* 29(2):237–245.

Van Eeuwijk, F. A.; Bustos-Korts, D. V.; Malosetti, M. 2016. *What should students in plant breeding know about the statistical aspects of genotype x Environment interactions?* En: *Crop Science* 56(5):2119–2140.

Wricke, G. 1962. *Evaluation Method for Recording Ecological Differences in Field Trials*. En: *Z Pflanzenzücht* 47:92–96.

03

Estructura y eficiencia de pastoreo de una pastura de alfalfa pastoreada con diferentes intensidades

**MANUEL CHIMENTO¹,
EZEQUIEL PACENTE²,
MARÍA JOSÉ BERIBE³,
Y JORGE O. SCHENEITER^{1, 2, *}**

¹ Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

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

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

*mjoscheneiter@comunidad.unnoba.edu.ar

El objetivo fue evaluar el efecto de la altura de pastoreo sobre las variables de estado, la acumulación de forraje, la estructura y la eficiencia de pastoreo en pasturas de alfalfa. Los tratamientos fueron tres alturas de la pastura postpastoreo. Las variables de estado y la estructura de la pastura no son afectadas por la intensidad de defoliación. En cambio, la acumulación neta de forraje y la eficiencia de pastoreo aumentan con la intensidad del pastoreo.

Palabras clave: Altura de pastoreo, Crecimiento, Utilización.

Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es la principal leguminosa forrajera en suelos de aptitud agrícola de la región Pampeana. Para el año 2020, se estimó una superficie sembrada de 3 M de ha, ya sea pura (60%) o asociada con gramíneas templadas (40%). En tambos, la alfalfa pura, aporta alrededor de un tercio de la alimentación del rodeo y, según el nivel tecnológico, se utiliza en pastoreo directo, como “cut and carry” en sistemas estabulados o como fuente de fibra efectiva en forrajes conservados. Desde el punto de vista de la persistencia y la producción, la alfalfa debe ser manejada con pastoreos o cortes con descansos

e intensidades acordes con la morfología y fisiología de la especie. Con pastoreo continuo, la persistencia se ve comprometida, mientras que, con pastoreo rotativo, se obtienen distintas alternativas de cantidad y calidad de forraje, sin afectar la longevidad de la pastura. La mayor calidad del forraje ocurre en estado vegetativo mientras que el mayor rendimiento de nutrientes por unidad de superficie se alcanza con 10% de floración. En el norte de la provincia de Buenos Aires, las tasas de crecimiento alcanzan un pico máximo de 102 kg MS ha⁻¹día⁻¹ en noviembre y un mínimo de 9 kg MS ha⁻¹día⁻¹ en mayo. Este rango amplio, puede ocasionar desacoples en el balance forrajero de primavera si la carga animal es insuficiente para consumir el forraje en pastoreo directo o no se puede henificar por condiciones climáticas desfavorables. En los últimos años se ha desarrollado un criterio de defoliación, alternativo a la fenología, basado en la morfogénesis foliar expresada como suma térmica (Teixeira *et al.*, 2011) el cual prioriza la cosecha de forraje de calidad.

A nivel local existen pocos antecedentes con respecto al efecto de la altura de pastoreo en pasturas de alfalfa utilizadas con un sistema de pastoreo rotativo, con una frecuencia de pastoreo basada en la morfogénesis foliar. En base a ello se presenta un trabajo realizado con el objetivo de evaluar el efecto de tres alturas de pastoreo sobre variables de estado, de crecimiento, de estructura y de eficiencia de pastoreo en pasturas de alfalfa, en otoño y en primavera.

Desarrollo

El trabajo se realizó en el INTA Pergamino sobre una pastura de alfalfa, cultivar WL 611, sembrada el 6 de mayo de 2020, sobre un suelo Argiudol típico, clase de uso I. Los tratamientos fueron tres alturas de pastoreo a la salida de los animales de las parcelas: 15-18 cm (**alta-A-**); 9-12 cm (**media -M-**) y 4-6 cm (**baja-B-**) (Fotografía 1). Se simuló un sistema de pastoreo rotativo entre agosto de 2020 y julio de 2022, en donde los animales ingresaron a la parcela cada 480±32 °Cd (prebotón floral) y permanecieron en ella de 1 a 3 días hasta alcanzar la altura de pastoreo objetivo. Las unidades experimentales (UE) fueron parcelas de 40 x 20 m que se pastorearon en forma individual y simultánea con

novillos de razas británicas. La densidad de animales en las parcelas se ajustó diariamente para alcanzar las alturas propuestas en el plazo establecido. Las precipitaciones durante los períodos de medición fueron entre 26 y 22 mm inferiores al promedio histórico en primavera de 2020 y 2021, respectivamente, y 42 mm en otoño de 2021. En otoño y primavera de 2021, la temperatura media fue 2,3 y 2,7 °C más elevada que el promedio histórico, respectivamente. Se fijaron 4 períodos de mediciones: 2 en primavera (19-9-2020 al 12-1-2021 y 12-10-2021 al 3-1-2022) y 2 en otoño (13-3-2021 al 5-5-2021 y 29-3-2022 al 31-5-2022).

Antes y después de cada pastoreo se midieron:

1. la altura de la pastura hasta la hoja trifoliada superior en 20 tallos por UE,
2. la fitomasa a ras del suelo en dos sitios de 0,25 m² al azar por UE. Las muestras se pesaron, se homogeneizaron y se separaron alícuotas para determinar materia seca, material muerto y tejido verde,
3. el IAF en 5 g de folíolos frescos, mediante un medidor Licor LI 3100® y el posterior cálculo del área foliar específica (AFE, cm² lamina/g MS). Con el AFE, la fitomasa y el porcentaje de lámina se determinó el IAF cada unidad experimental,
4. el peso y el porcentaje de hoja de 20 tallos por UE cortados a ras de suelo y,
5. la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi). Para esto, antes y después de cada pastoreo se efectuaron 5 lecturas al azar de RFA por UE con un ceptómetro adaptado a pasturas (Cavadevices®). Se realizó una lectura por sobre el canopeo y cuatro por debajo del mismo. Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de RFAi. Con los valores de fitomasa se estimó la acumulación neta de forraje (ANF)¹ y la eficiencia de pastoreo (EP)². Los tratamientos se dispusieron en un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. Inicialmente se realizó un análisis descriptivo para cada una de las variables: altura de salida, IAF (entrada y salida), peso de los tallos (entrada y salida), hojas en tallos (%) (entrada y salida), RFAi (entrada y salida), fitomasa (entrada y salida), ANF y EP. A continuación, para cada variable se realizó un análisis de la varianza mediante modelos lineales mixtos para medidas repetidas en el tiempo. Dicha herramienta permitió obtener modelos de varianza-covarianza de los errores en

caso de que no se cumplieran los supuestos sobre los errores. Los análisis, excepto ANF, se realizaron con un valor de nivel de significación del 5%. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de DMS de Fisher ($p < 0,05$). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico Infostat. Los resultados se agruparon en variables de estado, -que describen el sistema dinámico de la pastura-; de estructura de la pastura- que refieren a la distribución espacial y el arreglo de las partes constituyentes del canopeo-; acumulación neta de forraje y eficiencia de pastoreo. Los dos primeros se dividieron en inicio del rebrote (después y fin del rebrote antes).



Fotografía 1. Inicio del pastoreo en las unidades experimentales separadas unas de otras por alambrado eléctrico.

VARIABLES DE ESTADO

Los tratamientos de altura de pastoreo evidenciaron diferencias al inicio de cada rebrote (altura, fitomasa, IAF, RFAi). Por el contrario, no se detectaron diferencias entre alturas de pastoreo al final del rebrote.

¹ANF (kg MS ha⁻¹) = $\sum^{R1-Rn} (MS^{i1} - MS^{i0}) / n$, donde MSⁱ⁰ es el forraje remanente al inicio del rebrote y MSⁱ¹ es el forraje acumulado a la suma térmica objetivo del pastoreo siguiente y n es el número de rebrotes -R- en cada período de medición.

²EP (%) = $\sum^{P1-Pn} (((MS^{pre} - MS^{post}) / MS^{pre}) * 100) / n$, donde para cada pastoreo MS^{pre} es la oferta de forraje a la entrada de los animales a la parcela, MS^{post} es el remanente de forraje a la salida de los animales a la parcela, y n es el número de pastoreos -P- en cada período de mediciones.

Inicio del rebrote (*fin del pastoreo*).

La altura de la pastura efectivamente lograda fue 16,1, 11,2 y 7,1 cm para los tratamientos A, M y B, respectivamente ($p < 0,001$). En este último, fue mayor y fuera del rango objetivo. El forraje remanente luego del pastoreo fue diferente entre tratamientos (1.175, 706 y 437 kg MS ha⁻¹, para A, M y B, respectivamente, $p < 0,001$) y entre periodos de medición (1.023 y 383 kg MS ha⁻¹, en la primavera de 2021 y en otoño de 2021, respectivamente, $p < 0,001$). El IAF fue afectado por la interacción entre altura de pastoreo y período de medición ($p < 0,001$). Excepto en otoño 2021, fue mayor con el pastoreo alto, con respecto a M y B (1,2, 0,4 y 0,2 para A, M y B, respectivamente). La RFAi promedio de periodos de medición, fue diferente entre alturas de pastoreo ($p < 0,001$), con valores de 44,8, 28,2 y 18,3% para A, M y B, respectivamente. Los valores de IAF al inicio del rebrote concuerdan con lo informado por Heichel *et al.* (1988) quienes en una serie de rebrotes encontraron que, hasta los 10 cm de altura, el IAF representaba entre el 1 y el 6 % del IAF total y, hasta los 20 cm, entre el 3 y el 25% del IAF total.

ESTRUCTURA DE LA PASTURA

Inicio del rebrote

El peso de los tallos fue mayor en la primavera 2021 y el menor en otoño 2021 (0,45 vs 0,14 g MS tallo⁻¹, $p < 0,001$) y en el tratamiento A con respecto a M y B (0,35 vs 0,21 g MS tallo⁻¹, $p < 0,001$). El porcentaje de hoja de tallos individuales fue mayor en primavera 2020 y no se detectaron diferencias entre el resto de los períodos (29,8 vs 15,9%, respectivamente $p < 0,001$). El tratamiento A tuvo mayor porcentaje de hoja que los otros tratamientos (26,5 vs 15,9%, respectivamente, $p < 0,001$) ya que, a medida que se intensifica el pastoreo, disminuye el % de hoja debido a la preferencia de las hojas por sobre los tallos y a la capacidad de selección por parte del animal. Al igual que las variables de estado al inicio del rebrote, la estructura de la pastura, en este caso peso y cantidad de tejido fotosintético de los tallos, no afectó el crecimiento posterior de la pastura.

Fin del rebrote (*inicio del pastoreo*)

La altura de primavera superó a la de otoño ($p < 0,05$) con 52,7 y 41,1 cm., respectivamente. La fitomasa en oferta, promedio de alturas de pastoreo, fue mayor en la primavera 2020 y el menor en otoño 2021 (3.156 y 1.771 kg MS ha⁻¹, $p < 0,001$). El IAF, fue diferente entre periodos de medición ($p < 0,001$) con los valores más altos en la primavera 2020 y en el otoño 2021 (promedio 6,0) y el menor en la primavera de 2021 (4,5). La RFAi fue mayor en otoño de 2022 y menor en primavera (95,7 vs 89,1%, respectivamente, $p < 0,001$). Los valores de IAF y de RFAi fueron ligeramente superiores a los informados por Guzmán *et al.* (2007) quienes determinaron IAF's máximos de 4,5 y 5,0 en primavera y en otoño para interceptar el 74 y 91 % de la RFA poco antes del corte y a los reportados por Teixeira *et al.* (2011) en Nueva Zelanda quienes indicaron un IAF crítico teórico de 3,5 para capturar el 95 % de la RFA.

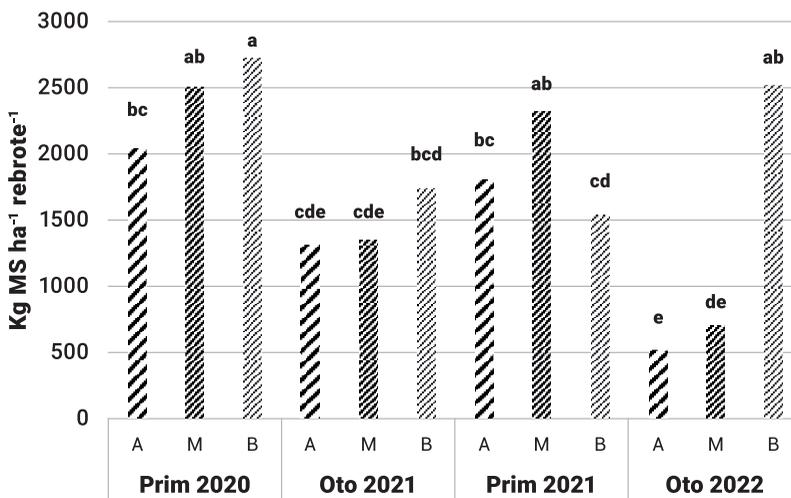
Fin del rebrote

Los tallos fueron más pesados en primavera 2021 y más livianos en otoño 2021 (0,81 vs 0,46 g MS tallo⁻¹, respectivamente, $p < 0,001$). El % de hoja en tallos individuales, promedio de alturas de pastoreo, fue mayor en primavera 2020 y otoño 2021 y menor en primavera 2021 (58,1 vs 45,9%, respectivamente, $p < 0,001$). Estos datos se comparan bien con los observados por Berone *et al.* (2021) con una frecuencia de defoliación cada vez que la pastura alcanzó el 95 % RFAi.

ACUMULACIÓN NETA DE FORRAJE Y EFICIENCIA DE PASTOREO

La acumulación neta de forraje fue afectada por la interacción entre la altura de pastoreo y el periodo de medición ($p < 0,10$, Figura 2). De los resultados encontrados se deduce que el forraje acumulado en el rebrote no dependió de la cantidad de tejido verde al inicio del mismo, debido a que la alfalfa probablemente utilizó las reservas de carbohidratos no estructurales de la raíz y la corona, y la ANF se incrementó en la medida que la altura de pastoreo fue

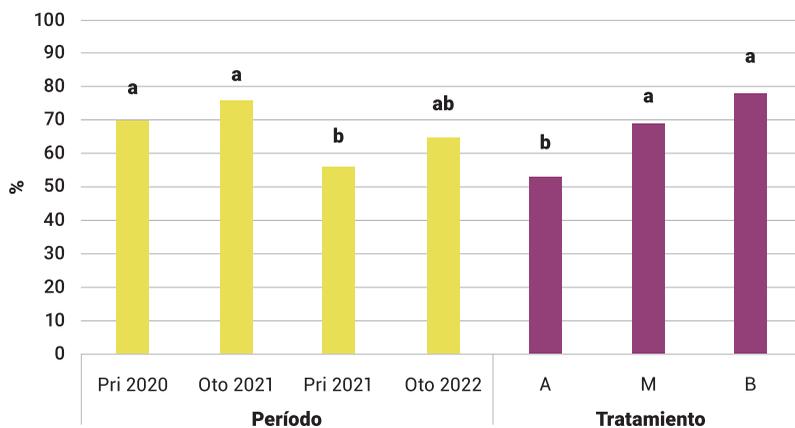
menor. Por lo tanto, el costo de dejar un remanente alto implicó pérdidas de material por senescencia, muerte y desprendimiento de hojas. De este modo, como promedio de este experimento, el pastoreo a 7,1 cm con respecto a 16,1, significó un incremento a 740 kg MS ha⁻¹ de forraje por rebrote. Sin embargo, el incremento de la intensidad del pastoreo puede resultar en bajas producciones individuales, sobre todo en estados fenológicos avanzados.



Barras con una letra distinta son significativamente diferentes para la interacción entre período y tratamiento ($p < 0,05$).

Figura 2. Acumulación neta de forraje por rebrote de una pastura de alfalfa en cuatro periodos de medición y tres alturas de pastoreo.

La eficiencia de pastoreo fue diferente entre periodos de medición y alturas de pastoreo ($p < 0,001$, Figura 3). El control de la eficiencia de pastoreo para maximizar la ANF, adquiriría mayor importancia en primavera, ya que las altas tasas de crecimiento de la pastura en esa época requieren por parte del productor un mayor ajuste en el sistema para utilizar adecuadamente los recursos y evitar ineficiencias en la cosecha de forraje. Por ejemplo, Kloster *et al.* (2003) midieron, en un sistema de carga fija para una asignación de forraje del 2,5% del peso vivo, porcentajes de eficiencia de utilización del forraje del 60 al 70 %, solo alcanzados en el presente experimento con los tratamientos de altura M y B.



Barras con una letra distinta para cada factor son significativamente diferentes entre periodos (amarillo) y entre alturas de pastoreo (violeta) ($p < 0,05$)

Figura 3. Eficiencia de pastoreo de una pastura de alfalfa en cuatro periodos de medición y tres alturas de pastoreo (kg MS/ha).

Conclusiones

Se concluye que en alfalfa a medida que la altura de pastoreo es más baja, aumenta la acumulación neta de forraje y la eficiencia de pastoreo.

La altura de pastoreo no afecta las variables de estado ni la estructura de la pastura al final del rebrote.

Bibliografía

Berone, G.; Bertrám, N.; Di Nucci, E. 2021. *Producción de forraje y proporción de hojas de alfalfa (Medicago sativa L.) en ambientes subtropicales: efectos del grado de latencia, la frecuencia de corte y la canopia.* En: Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo 53 (1): 79-88.

Guzmán, C.; Spada, M. del C.; Mombelli, J. C. 2007. *Eficiencia del uso de la radiación de cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo en Córdoba, Argentina.* En: XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 22 al 25 de Octubre, Cusco, Perú. Asociación Peruana de Producción Animal. 4 pp.

Heichel G. H.; Delaney R. H.; Cralle H. T. 1988. *Carbon assimilation, partitioning and utilization*. En: Hanson A. A., Barnes D. K., Hill R. R. (eds) *Alfalfa and alfalfa improvement*, Chapter 6. Agronomy Monograph N° 29. ASA-CSSA-SSSA. Madison, USA. pp. 195-228.

Kloster, A. M.; Latimori, N. A.; Amigone, A. M. 2003. *Efecto del sistema de pastoreo y de la carga sobre la productividad de carne en una pastura base alfalfa*. INTA Marcos Juárez. En: Informe técnico (129): 14 pp.

Teixeira, E. E.; Brown, H. E.; Meenken, E. D.; Moot, D. J. 2011. *Growth and phenological development patterns differ between seedling and regrowth lucerne crops (Medicago sativa L.)*. En: *European Journal of Agronomy* 35: 47–55.

04

Fertilización otoñal en festuca alta: intercepción de la radiación y producción de forraje

—
**AGUSTINA L. HERBIN^{1,*},
ESTEBAN BLAZEVICH²
Y JUAN MATTERA^{1,3}**

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Bovinos. (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 Universidad Nacional de San Antonio de Areco (UNSAdeA)

* lavarelloherbin.a@inta.gob.ar

En festuca alta, gramínea templada perenne ampliamente difundida en Argentina, la fertilización nitrogenada favorece la eficiencia de utilización de los recursos ambientales, como la radiación, promoviendo de este modo la producción de forraje de esta especie. En un año de escasas precipitaciones, la fertilización otoñal ofrece un efecto más significativo y temprano que una fertilización más tardía.

Palabras clave: Festuca, Pasturas templadas, Fertilización.

Introducción

La festuca alta (*Lolium arundinaceum*; (Schreb.) Darbysh.) es la gramínea forrajera perenne de clima templado de mayor importancia y difusión en el país (Rimieri, 2021). A pesar de que se conoce que la fertilización puede corregir las deficiencias nutricionales y tiene alto impacto en la producción de pasto, existen grandes variaciones en las respuestas obtenidas, en términos de eficiencia aparente en el uso del nitrógeno (kg MS/kg N agregado) (Scheneiter y Agnusdei, 2011). Estas variaciones se deberían a cuestiones climáticas que afectan tanto el crecimiento vegetal como también la mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad de N en el suelo. Esto puede explicar en

parte que, a diferencia de lo que ocurre en otras regiones del mundo, la fertilización de pasturas no es una práctica difundida en la ganadería nacional (Marino *et al.*, 2023). Según el modelo radiativo la producción de biomasa estaría directamente relacionada con la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada. La fertilización afecta la interceptación de la radiación, ya que aquellas pasturas sin deficiencias nutricionales utilizarían más eficientemente los recursos del ambiente (como radiación y agua) que aquellas con restricciones en la disponibilidad de nutrientes (Akmal y Janssens, 2004). El objetivo del presente trabajo es analizar el efecto de estrategias de fertilización nitrogenada sobre la interceptación de la radiación y la producción de forraje en pasturas de festuca alta.

Materiales y Métodos

En el INTA Pergamino se desarrollaron dos experimentos de fertilización bajo corte de festuca alta ecotipo continental cv. Quantum, uno durante 2021 y otro durante 2022. En el primer año, la pastura fue implantada el 6 de junio de 2020, el tamaño de las parcelas fue de 10,5 m² y el corte de emparejamiento fue el 25 de marzo de 2021, una semana antes a la definición del ambiente inicial (1 de abril del 2021). En el segundo año, la pastura fue implantada el 16 de abril de 2020, el tamaño de las parcelas fue de 2 m² y el corte de emparejamiento fue el 21 de marzo de 2022, también una semana antes de la definición del ambiente inicial (28 de marzo de 2022). El corte del forraje se realizó en ambos casos con un marco de superficie conocida (50 x 50 cm) y tijeras eléctricas de mano. El forraje recolectado fue pesado en húmedo, secado en estufa a 60° durante 48 h y luego pesado en seco, a fin de estimar la producción de forraje en kg MS/ha. Los cortes de emparejamiento luego del muestreo se realizaron con una cosechadora de forraje. Durante 2021 se realizaron cuatro cortes (5 de mayo, 28 de julio, 6 de octubre y 29 de noviembre) y durante 2022 se realizaron cinco cortes (11 de mayo, 20 de septiembre, 4 de noviembre, 5 de diciembre y 3 de febrero). En ambos casos, se utilizó un diseño

en bloques completos aleatorizados de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela mayor fueron dos niveles previos de fertilización con N y P (ambiente inicial) y la sub-parcela, por cuatro dosis de fertilización posterior con N (Tabla 1). Los fertilizantes utilizados fueron urea y superfosfato triple de calcio. Las precipitaciones promedio en el sitio experimental durante el periodo 2011-2021 fueron 1083 mm. Se hizo un corte de emparejamiento y se fertilizó de acuerdo al tratamiento de ambiente inicial correspondiente. La interceptación de la radiación se realizó cada aproximadamente una semana, dependiendo de las condiciones climáticas, con un ceptómetro, con el que se midió sobre cada parcela la radiación incidente (por encima del canopeo) y tres mediciones al ras del suelo (por debajo del canopeo), para luego calcular, por diferencia, la proporción de la radiación incidente que es interceptada por la pastura. En el segundo experimento y dada las muy escasas precipitaciones en el segundo semestre del año desde el 20 de septiembre se regó mínimamente para asegurar la supervivencia de las plantas. El momento de corte se definió cuando la acumulación de tiempo térmico fue 500°Cd (Temperatura base: 4°C). En ambos experimentos, los datos se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) en

parcelas divididas y en caso de diferencias significativas, se compararon las medias mediante la prueba LSD Fisher ($P \leq 0,05$). Se utilizó el programa estadístico Infostat.

Tabla 1. Descripción de las características de los suelos, precipitaciones acumuladas, tratamientos, fechas de siembra y de cortes para cada año de experimento.

Experimento	Suelo	Precipitación anual	Siembra	Tratamientos
2021	Asociación Argiudol típico fase moderadamente erosionada y Argialbol argiácuico	678 mm	Fecha: 04/06/20	Ambiente inicial (01/04/21): 1. 0P0N 2. 30P150N 3. 60P300N kg/ha
	Capacidad de uso: IIIew		Densidad: 300 semillas viables/m ²	Fertilización nitrogenada (26/05/21): 1. 0N 2. 50N 3. 100N 4. 150N kg/ha
	Fósforo extractable inicial: 29,7ppm			
	Materia orgánica: 3,1%			
2022	Suelo Argiudol típico	663 mm	Fecha: 16/06/20	Ambiente inicial (28/03/22): 1. 0P0N 2. 60P300N kg/ha
	Capacidad de uso: I		Densidad: 300 semillas viables/m ²	
	Fósforo extractable inicial: 44,3ppm			Fertilización nitrogenada (27/05/21): 1. 0N 2. 50N 3. 100N 4. 150N kg/ha
	Materia orgánica: 2,48%			

Resultados y Discusión

INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN

En ambos experimentos no se hallaron interacciones entre el ambiente inicial y la fertilización nitrogenada posterior para la intercepción de la radiación. Se observó que la mejora en el ambiente inicial aumentó la intercepción de la radiación, tanto en

el invierno (2021 y 2022) como en la primavera temprana (2022) (Tabla 2). En la primavera tardía no se hallaron efectos. La fertilización nitrogenada posterior promovió la intercepción invernal de la radiación (2021) y en la primavera temprana (2022).

Tabla 2. Efecto del ambiente nitrogenado inicial y la fertilización nitrogenada posterior sobre la intercepción de la radiación de pasturas de festuca alta. Cada valor de la tabla indica, para cada factor, la intercepción promedio de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada, ya que la misma tuvo una medición semanal.

	Período	Ambiente inicial (A)			Fertilización nitrogenada (F)				CV	Valor P		
		1	2	3	0	50	100	150		A	F	A*F
Exp. 1	may-jul	48 a	67 b	80 c	58 a	66 b	68 b	68 b	9	**	**	ns
	jul-oct	66	55	66	50	55	62	83	46	ns	ns	ns
	oct-nov	23	17	23	20	21	21	23	30	ns	ns	ns
Exp. 2	may-sep	42 a	-	75 b	57	57	59	61	6	*	ns	ns
	sep-nov	41 a	-	66 b	48 a	53 b	55 bc	59 c	7	*	**	ns
	nov-dic	20	-	27	23	22	25	25	31	ns	ns	ns
	dic-feb	18	-	24	22	18	23	21	23	ns	ns	ns

*p<0,05; **p<0,0001; ns= no significativo. Letras distintas indican diferencias significativas entre columnas para cada factor.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE

El ambiente inicial tuvo un efecto promotor sobre la producción invernal de forraje en ambos experimentos, pero dicho efecto se diluyó conforme avanzó el año (Tabla 3). En el segundo experimento, en el corte del 20/09 hubo interacción significativa entre ambiente inicial*fertilización, aunque sin un patrón definido. Cabe aclarar, que este experimento sufrió durante este período una sequía muy intensa (precipitaciones del período mayo-septiembre de 40,1 mm). Luego de esta fecha, coincidente con el comienzo del riego, se manifestó una recuperación de la pastura donde se observó el efecto diferido de la mejora del ambiente inicial en el corte del 04/11.

Por su parte, la fertilización nitrogenada posterior también promovió la acumulación de forraje pero más adelante durante el año, hacia la primavera. En el experimento 1 se manifestó el efecto en el corte del 06/10 con mayor producción de forraje en la dosis más alta (150 kg N/ha). En el experimento 2 se observó en el corte del 20/09 la interacción antes mencionada con el ambiente inicial y en los cortes siguientes del 04/11 y 05/12 se diferenció la dosis más alta (150 kg N/ha) del tratamiento control.

En términos generales, la respuesta de la producción al ambiente inicial fue más temprana y de mayor magnitud que la fertilización nitrogenada posterior. De hecho, la eficiencia aparente del uso del N (kg MS/kg N) del ambiente inicial sumando los cortes donde la respuesta fue significativa fue de 9,4 y 12,7 kg MS/g N en el exp. 1 y 2, respectivamente (tomando para el cálculo la producción de forraje de los ambientes 1 y 3). La fertilización nitrogenada, por su parte, la respuesta fue de 5,3 y 6,3 kg MS/kg N en el exp. 1 y 2, respectivamente (tomando para el cálculo la diferencia de producción entre N150 y N0). Esta respuesta diferencial parece tener que ver con el momento del año en el que se produce la fertilización con N, con menores temperaturas, que pueden haber restringido el aprovechamiento del nitrógeno para las plantas, así como también un efecto progresivo del secado del perfil del suelo, dadas las menores precipitaciones durante todo el período. Los efectos positivos desaparecen hacia la primavera tardía, en la medida que se alejan temporalmente de la aplicación de los fertilizantes. En este sentido, los resultados del presente trabajo fueron ligeramente superiores a los encontrados por Marino y Agnusdei (2007) en pasturas de festuca alta en Balcarce.

Tabla 3 Efecto del ambiente nitrogenado inicial y la fertilización nitrogenada posterior sobre la producción de forraje de pasturas de festuca alta.

		Producción de forraje (kg MS/ha)										
		Ambiente inicial (A)			Fertilización nitrogenada (F)				CV	Valor P		
	Fecha	1	2	3	0	50	100	150		A	F	A*F
Exp. 1	05/may	1903 a	2438 a	3279 b	-	-	-	-	14	*	-	
	28/jul	1495 a	2370 b	2930 b	1984	2071	2480	2524	31	*	ns	ns
	06/oct	1771	1904	2376	1674 a	1906 a	2022 a	2464 b	18	ns	**	ns
	29/nov	1148	1273	1232	1085	1313	1283	1191	22	ns	ns	ns
Exp. 2	11/may	997 a	-	2650 b	-	-	-	-	-	*	ns	ns
	20/sep	884	-	1183	784	820	1199	1331	18	ns	**	*
	04/nov	1043 a	-	3207 b	1800 a	2053 ab	2240 ab	2406 b	18	*	*	ns
	05/dic	736	-	1080	740 a	960 ab	860 ab	1073 b	19	ns	*	ns
	03/feb	703	-	843	746	946	606	793	36	ns	ns	ns

*p<0,05; **p<0,0001; * p<0,10; ns= no significativo. Letras distintas indican diferencias significativas entre columnas para cada factor.

Conclusiones

En dos años con condiciones hídricas deficitarias la definición de un ambiente inicial en el otoño combinando nutrientes presentó efectos más tempranos y de mayor magnitud que estrategias de fertilización más tardías. La baja disponibilidad hídrica pudo haber limitado el aprovechamiento del nitrógeno por parte del forraje, por lo que sería interesante repetir este tipo de experimento en años con precipitaciones normales.



Bibliografía

Akmal, M.; Janssens, M. J. J. 2004. *Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies*. En: Field Crops Research 88: 143-155.

Marino, M. A.; Berone, G. D.; Grasa, O.; Cicore, P. L.; Errecart, P. M. 2023. *El uso eficiente del pasto producido baja el costo de la fertilización nitrogenada en pasturas*. En: Visión Rural 30(147): 19-21.

Marino, M. A.; Agnusdei, M. G. 2007. *Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de Festuca arundinacea Schreb. (sudeste bonaerense, Argentina): crecimiento y eficiencia en el uso de recursos*. En: XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)-XXX Reunión Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). 21 al 25 de octubre Cusco, Perú.

Scheneiter, O.; Agnusdei, M. G. 2011. *El rol del N en la producción de carne: algunas experiencias en la región pampeana húmeda y subhúmeda Argentina*. En: Mendez, D.; Scheneiter, O. (Eds.) Fertilización en pasturas. INTA General Villegas, Argentina 50-69 p.

Rimieri, P. 2021. *Contribución del mejoramiento genético de festuca alta (Festuca arundinacea Schreb.) en Argentina: síntesis de los logros y avances*. En: Journal of basic and applied genetics, 32(2): 9-13.

05

Respuesta de un híbrido de maíz a cambios en la oferta de recursos subterráneos.

Campaña 2023/2024

**MARÍA G. TELLERÍA^{1,*},
Y MARÍA PAULA MELILLI¹**

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

* telleria.maria@inta.gob.ar

Este trabajo presenta los resultados de un experimento donde se evaluaron los cambios en la oferta de recursos sobre la producción de un híbrido de maíz de alto potencial en la campaña 2023/2024 en Junín. En ésta, caracterizada por una normal oferta hídrica, el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) respondió positivamente a la fecha de siembra normal y a aumentos de densidad y fertilización nitrogenada.

Palabras clave: Fecha de siembra, Densidad, Nitrógeno.

Introducción

La región norte de la provincia de Buenos Aires fue afectada por tres años consecutivos por el episodio La Niña del fenómeno ENSO (BCR, 2022), con graves pérdidas de producción a nivel zonal y regional. La campaña 2023/2024, registró un viro en esta situación y ocurrieron lluvias acordes a una situación normal, aunque con períodos cortos sin precipitaciones. El cultivo de maíz, se presenta como el más sensible a sufrir diferentes tipos de estrés, en particular los hídricos, y son los que a menudo presentan gran sensibilidad a modificaciones del ambiente por medidas de manejo como fecha de siembra (asociado a disponibilidad hídrica), densidad de siembra y nutrición (nitrogenada)

(Andrade *et al.*, 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de un híbrido de alto potencial de rendimiento, ante cambios en la oferta de recursos subterráneos en una campaña asociada a condiciones hídricas normales. La hipótesis del estudio es que la densidad de plantas y el nivel nutricional se corren a niveles más altos en años con precipitaciones normales, y que no se registran diferencias importantes en rendimientos debidos a la fecha de siembra.

Materiales y Métodos

Durante la campaña agrícola 2023/2024 se realizó un experimento en el campo Experimental UNNOBA, sobre un suelo Serie Junín, Hapludol Típico, el cual tenía 3,15 %, 5,9 y 14,3 ppm de materia orgánica, pH y fósforo extractable respectivamente.

En el mismo fue utilizado el híbrido de maíz DK 7208, sembrado a una distancia entre líneas de 0,52 m y fertilizado con 140 kg/ha de mezcla (0- 34-0) 17 Ca 7S en banda al momento de la siembra.

Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo de maíz (septiembre a mayo) para la campaña 2023/2024 fueron casi idénticas a las históricas para el mismo período: 898,5 y 889,5 mm, respectivamente. Sin embargo, la campaña 2023/2024 se caracterizó por un bache con ausencia de lluvias de mediados de enero al 08 de febrero, acompañado de altas temperaturas (Figura 1). Trascurrido este período, las lluvias se normalizaron y presentaron un excedente en abril.

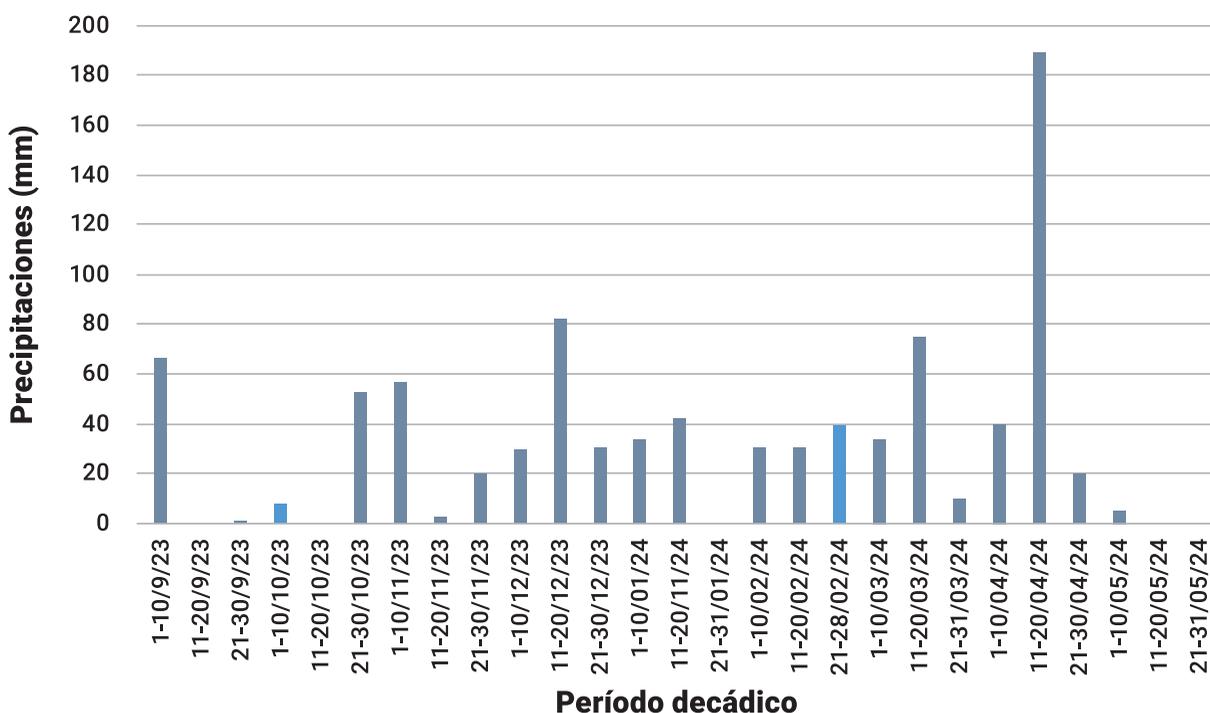


Figura 1. Precipitaciones decádicas durante el desarrollo del cultivo de maíz (septiembre 2023 a mayo 2024). Elaboración propia en base a datos proporcionados por el SMN, aeródromo Junín.

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar con 3 repeticiones, con arreglo factorial completo de los tratamientos (2³). Los factores y sus niveles se presentan en la Tabla 1. El objetivo de nitrógeno disponible (N) se logró mediante la aplicación de urea granulada en post-emergencia

en el estado de sexta hoja desplegada (V6). El nivel de N-NO³ en el suelo antes de la siembra fue 88 kg/ha. Los resultados se evaluaron con un ANOVA con un nivel de significancia p=0,05 y test LSD para comparaciones de medias.

Tabla 1. Factores y sus niveles evaluados en el experimento.

Factores			
	Fecha de siembra (FS)	Densidad de plantas (D)	Nitrógeno (N) (*)
		pl/m ²	Kg/ha
Niveles	Temprano (27/10/23)	6	120
	Tardía (8/12/23)	9	200

[*] N suelo (0-60 cm) + N fertilizante

Resultados y Discusión

Las condiciones hídricas representadas por un año Niño, permitieron en general que los rendimientos alcanzados fueran altos siendo el promedio de rendimiento del experimento de 13732 kg/ha, no observándose el mayor rinde que habitualmente presentan los cultivos de siembra tardía en años Niña. Por lo tanto, el desarrollo del cultivo no presentó mayores inconvenientes, a excepción de un período donde el cultivo sufrió estrés hídrico y térmico desde mediados de enero hasta el 8 de febrero. Durante ese lapso con ausencia de precipitaciones (Figura 1) y algunos registros de temperaturas extremas se vieron afectados los cultivos cuya floración ocurrió en el transcurso de estas semanas. Al respecto, la fecha de floración para la siembra temprana fue alrededor del 10 de enero, por lo cual la primera etapa del período crítico (PC) ocurrió sin limitantes hídricas y térmicas. Mientras que en la fecha de siembra tardía la floración ocurrió alrededor del 10 de febrero, viéndose afectada por limitantes hídricas los primeros días correspondientes al PC. No obstante, la recomposición de las precipitaciones a partir de mediados de

febrero (Figura 1) permitieron la mejora del estado hídrico del cultivo de maíz de la siembra tardía.

En la Tabla 2 se presentan los rendimientos ante las diferentes combinaciones de factores y niveles del experimento. Asimismo, los resultados del ANOVA.



Tabla 2. Rendimiento (kg/ha) de los tratamientos evaluados.

FS	D	N	Rinde
Temprana	6	120	13611
		200	13993
	9	120	14077
		200	16335
Tardía	6	120	12536
		200	13045
	9	120	12721
		200	13538
ANOVA	FS	s	
	D	s	
	N	s	
	Interacciones	ns	
CV (%)	6,01		

s: indica diferencia significativa ($p < 0.05$) dentro del factor. **ns:** indica falta de interacción significativa ($p > 0.05$) entre factores.

No se detectó interacciones entre ninguno de los factores evaluados.

En ambas fechas de siembra se alcanzaron elevados rendimientos. La fecha temprana superó significativamente a la fecha de siembra tardía (Tabla 2). Para la fecha temprana el rendimiento promedio fue de 14504 kg/ha, en tanto que para la fecha tardía llegó a 12960 kg/ha. Esto se debería a una relativamente buena abundancia de precipitaciones, característica de un año Niño como ocurrió para la campaña de maíz 2023/2024.

La fecha de siembra temprana, por mayor longitud de la estación de crecimiento, superó en rinde la fecha tardía, en una campaña caracterizada por una relativamente buena abundancia y distribución de precipitaciones. Es probable que el déficit de mediados de enero a principios de febrero haya afectado en mayor medida a la siembra tardía, aunque el efecto fue mínimo. Otra razón probable es que el exceso de precipitaciones del mes de abril, haya afectado por radiación al llenado de granos de la fecha tardía. No obstante, también se observó en esta fecha una mayor incidencia de Fusarium debido

a las condiciones de altas precipitaciones y humedad del mes de abril.

La densidad de siembra de 9 pl/m² presentó mayor rendimiento que la densidad de 6 pl/m² conforme a una buena abundancia de recursos de agua y N. El rendimiento promedio para la densidad más alta fue de 14168 kg/ha, en tanto que para la densidad más baja fue de 13296 kg/ha, siendo estas diferencias significativas.

El objetivo de nitrógeno disponible de 120 kg/ha generó un rendimiento promedio de 13236 kg/ha, en tanto que el de 200 kg/ha fue de 14228 kg/ha, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

Resulta importante continuar con estos estudios, ampliándolo a materiales con diferentes perfiles, a fin de describir para cada uno de ellos la óptima combinación de factores, bajo condiciones ambientales diferentes.

Conclusiones

Se acepta la hipótesis de trabajo ya que, conforme a un ambiente benéfico para ambas fechas de siembra, se observaron respuestas positivas a los incrementos de densidad y niveles de N, en un híbrido de alto potencial de rendimiento como el utilizado en este experimento.



Bibliografía

BCR. 2022. *Bolsa de Cereales de Rosario. GEA | Guía estratégica para el agro. Alerta para el ciclo 2022/23: Argentina ante las puertas de una tercera "Niña" consecutiva.* Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/seguimiento-de-cultivos/resumen-del-informe-region-nucleo/resumen-del-informe-82> [consultado: julio de 2024].

Vega, C.; Maddonni, G.; Cerrudo, A.; Andrade, F. 2023. *Densidad de plantas.* En: Andrade, F.; Otegui, M. E.; Cirilo, A.; Uhart, S. (Eds.). *Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz.* Asociación de Maíz y Sorgo argentino, 245-272 p

06

Contribución de fósforo, azufre y zinc al crecimiento, nutrición y rendimiento de maíz

**GUSTAVO N. FERRARIS^{1, *},
TRINIDAD REDDEL²
Y MAURO BALZA²**

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

² OCP Group

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

El maíz es un cultivo de alto potencial de rendimiento y exigencia de nutrientes. En nuestros sistemas, fósforo, azufre y zinc son deficitarios en los suelos y determinan una brecha nutricional. Este trabajo estudia la respuesta a su agregado al suelo, a la siembra, mediante mezclas físicas y químicas. La fertilización incrementó la productividad, aun bajo condiciones climáticas muy diferentes.

Palabras clave: Fuentes, Fertilizantes “starters”, Mezclas químicas.

Introducción

La fertilización de base con fuentes arrancadoras o “starters” es una práctica habitual en el cultivo de maíz. El fósforo (P) es un nutriente esencial y su aporte permite mejoras en el crecimiento, la exploración radicular, tolerancia a sequía y bajas temperaturas, entre otros factores. En los últimos años, se ha desarrollado e introducido al mercado fuentes con aporte balanceado de nutrientes en su composición. El azufre (S) genera efectos aditivos a los de P, actuando en la fotosíntesis, la síntesis de proteína. El Zinc (Zn) interviene en la síntesis de

auxinas y es un activador enzimático, cuya respuesta está asociada a la disponibilidad en el suelo.

Los avances en los fertilizantes no incluyen solamente la diversidad y el número de elementos involucrados. También se incorporan tratamientos que facilitan la solubilidad en suelo y retrasan la retención de P por cationes. Las mezclas químicas complejas mejoran la performance gracias a su granulometría pareja y la inclusión de todos los nutrientes en un mismo gránulo. Para la corrección de carencias de P y nitrógeno, tanto las mezclas químicas con los abonos orgánicos han demostrado singular eficacia (Batistti *et al.*, 2023).

Este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos sobre el crecimiento, estado nutricional, rendimiento y sus componentes de diferentes fuentes para la fertilización inicial en línea de maíz. Hipotetizamos que 1. La nutrición inicial en línea de siembra impacta positivamente en los rendimientos, y 2. Es posible incrementar los rendimientos mediante el uso de mezclas químicas balanceadas, en comparación con los fertilizantes tradicionales.

Materiales y Métodos

Durante los ciclos 2023/24 se condujeron dos experimentos de campo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Clase I-2, Argiudol típico, familia fina, illítica, térmica (USDA- Soil Taxonomy V. 2006). En 2022/23 se sembró en fecha tardía (5-dic), mientras que en 2023/24 en siembra temprana (28-sep). En ambos casos, las unidades experimentales fueron de 21 m², y el espaciamiento de 0,70 m entre hileras. La densidad fue de 60000

y 70000 pl/ha para el primer y segundo año, respectivamente. Los cultivares fueron NK 870 Vip3 el primer año, y ACA 482 VT3P el segundo. La fertilización de base consistió en la aplicación de urea granulada incorporada en presembrado, y un repaso con urea tratada con B-NBPT en postemergencia. El cultivo se mantuvo libre de malezas, plagas y enfermedades. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. El detalle de los

Tabla 1. Tratamientos de fertilización fosforada en maíz. Campaña 2022 - 23 y 2023 - 24.

Trat.	Tratamiento	UREA	MAP	MAP70 SPS30	Foszinc	N	P	S	Zn
		Kg/ha							
T1	Control N	325				150			
T2	NP	305	90			150	20,1		
T3	NPS	310		115		151	19,8	5,8	
T4	NPSZn	300			105	151	20,3	5,3	1

tratamientos se explicita en la Tabla 1. Por su parte, en la Tabla 2 se presentan los datos de suelo de los sitios experimentales.

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra. Campaña 2022 - 2023

Prof.	Materia Orgánica	N Total	Fósforo extract.	pH	N-Nitratos 0-60 cm	S-Sulfatos Suelo	Zinc	Agua en suelo
cm	%	%	mg/kg	agua 1:2,5	kg/ha	mg/kg	mg/kg	0-150 cm
	3,29	0,165	13,6	5,7	105,3	8,5	1,1	135 mm
	medio	medio	bajo	ácido	alto	medio	medio	bajo

Campaña 2023 - 2024

Prof.	Materia Orgánica	N Total	Fósforo extract.	pH	N-Nitratos 0-60 cm	S-Sulfatos Suelo	Zinc	Agua en suelo
cm	%	%	mg/kg	agua 1:2,5	kg/ha	mg/kg	mg/kg	0-150 cm
	2,70	0,135	14,3	6,0	60,7	8,2	0,75	121 mm
	bajo	bajo	bajo	ácido	medio	medio	bajo	bajo

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio experimental durante el ciclo de cultivo. Las campañas fueron contrastantes, caracterizada por una sequía extrema en 2022/23 y una normalización hídrica en 2023/24.

Para monitorear el efecto de los tratamientos, se determinó la materia seca acumulada en V6, y en V9 se midió el NDVI por Green seeker y el contenido de N mediante una lectura adimensional no destructiva con el medidor de clorofila Minolta Spad 502. En antesis (R1) se cuantificó la intercepción de radiación mediante un radiómetro lineal. Se calificó el vigor y determinó la altura final de plantas.

A cosecha se determinaron el número de plantas sin espigas y los componentes del rendimiento, número de espigas/m² (NE), granos/espiga (GE), número

granos/m² (NG) y peso (PGx1000) de los granos. Se determinó el número de plantas débiles o sin espiga, sobre 20 plantas por parcela. La cosecha se realizó en forma manual, recolectando 2,8 m² por

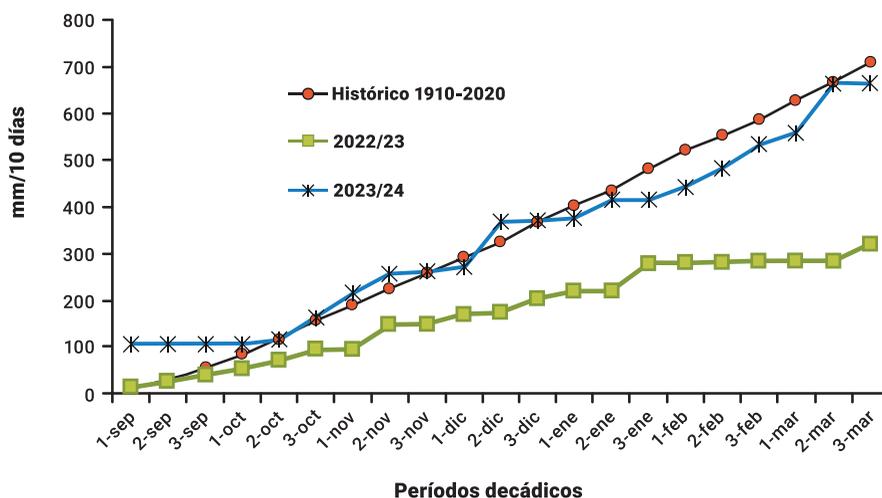


Figura 1. Precipitaciones decádicas de los ciclos 2022/23 y 2023/24, y su comparación con la media histórica. Maíz, localidad de Pergamino. Agua útil inicial (150 cm) 121 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 320 y 665 mm.

parcela, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias para rendimiento, y análisis de regresión entre rendimiento y el resto de las variables cuantificadas en los experimentos.

Resultados y Discusión

En la Tablas 3 y 4 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, así como los rendimientos de grano agrupados por tratamiento.

Tabla 3. Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento: Materia seca acumulada en V5, Altura final de plantas, intercepción de radiación, calificación de vigor, intensidad de verde determinado mediante Spad y NDVI por Green seeker, plantas sin espiga (%), rendimiento y sus componentes numéricos: espigas/m² (**NE**), granos/espiga (**GE**), número granos/m² (**NG**) y peso (**PGx1000**) de los granos. Para rendimiento, letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (**LSD a= 0,05, dms= 1090 kg/ha**). INTA Pergamino, campaña 2022/23.

Tr	Descripción	Materia seca V6 (kg/ha)	Altura planta (cm)	Plantas débiles (%)	Vigor R1 (1-5)	Spad R1	NDVI (Green seeker)
T1	Control N	1554	260	55	3,0	51,2	0,65
T2	NP	2484	270	40	4,0	51,9	0,79
T3	NPS	2833	272	50	4,1	53,4	0,79
T4	NPSZn	2816	275	20	4,5	52,8	0,78
R ² vs rendimiento		0,92	0,95	0,52	0,93	0,80	0,71
Tr	Descripción	Interce R1 (%)	NE	GE	NG	PGx1000	Rendim (kg/ha)
T1	Control N	60,9	5,3	373	1959	278	5446 b
T2	NP	81,4	5,1	434	2226	281	6256 ab
T3	NPS	78,3	4,3	570	2421	282	6828 a
T4	NPSZn	82,4	4,5	578	2599	275	7148 a
R ² vs rendimiento		0,74	0,75	0,93	0,99	0,02	
Sign. Est (P=)							0,02
CV (%)							10,6 %

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

Tabla 4. Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento: Materia seca acumulada en V6, Altura final de plantas, intercepción de radiación, calificación de vigor, intensidad de verde determinado mediante Spad y NDVI por Green seeker, plantas sin espiga (%), rendimiento y sus componentes numéricos: espigas/m² (**NE**), granos/espiga (**GE**), número granos/m² (**NG**) y peso (**PGx1000**) de los granos. Para rendimiento, letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (**LSD a= 0,05, dms= 1160 kg/ha**). INTA Pergamino, campaña 2023/24.

Tr	Descripción	Materia seca V6 (kg/ha)	Altura planta (cm)	Plantas débiles (%)	Vigor R1 (1-5)	Spad R1	NDVI (Green seeker)
T1	Control N	2131	223	5	3,0	47,5	0,70
T2	NP	2367	245	2	4,0	46,2	0,72
T3	NPS	3241	240	1	4,2	48,3	0,73
T4	NPSZn	2544	239	0	4,2	48,1	0,72
R ² vs rendimiento		0,44	0,44	0,96	0,83	0,25	0,66

Tr	Descripción	Interce R1 (%)	NE	GE	NG	PGx1000	Rendim (kg/ha)
T1	Control N	79,5	6,6	581	3837	278	10666 c
T2	NP	89,3	6,8	607	4121	281	11580 bc
T3	NPS	92,5	7,1	614	4385	282	12365 ab
T4	NPSZn	93,1	6,8	686	4657	275	12807 a
R ² vs rendimiento		0,91	0,39	0,75	0,98	0,03	
Sign. Est (P=)							0,01
CV (%)							6,1 %

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

En 2022/23, los rendimientos alcanzaron una media de 6419 kg/ha, siendo muy limitados para zona núcleo, afectados por el año climático. Una oportuna precipitación de finales de enero (Figura 1) acompañó el período crítico, y sobre estas bases se construyó el rendimiento obtenido. Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento ($P=0,02$; $cv=10,6\%$) (Tabla 3). Los diferentes fertilizantes de base no presentaron diferencias significativas entre sí, pero las mezclas NPS y NPS Zn superaron al control (Tabla 3). La disponibilidad de S y Zn fue media a baja (Tabla 2), y aun en un contexto restrictivo, se observa una tendencia incipiente a mejores rendimientos con el aporte de estos nutrientes. Todas las variables fueron afectadas por la sequía. Materia seca inicial, altura de plantas, concentración de N estimada por Spad y PG alcanzaron valores normales. La intercepción de radiación se redujo un 10 a 15 % respecto de los valores habituales. También se observó una disminución en NE, GE y NG. Presentaron asociación positiva con los rendimientos la biomasa inicial ($r^2=0,92$), altura ($r^2=0,95$), la calificación subjetiva del vigor ($r^2=0,93$), NDVI ($r^2=0,71$), intercepción ($r^2=0,74$), NE ($r^2=0,75$), GE ($r^2=0,93$) y NG ($r^2=0,99$) (Tabla 3). Incrementos en materia seca temprana por uso de P fue observado Mäkela *et al.*, (2020), mientras que Chen *et al.*, (2024) menciona cambios en materia seca, intercepción y eficiencia fotosintética

En 2023/24 los rendimientos alcanzaron una media de 11854 kg/ha, retornando a un ambiente de media a alta productividad. Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento

($P=0,01$; $cv=6,2\%$) (Tabla 4). El control alcanzó un rendimiento elevado. NPS y NPSZn superaron al control, a la vez que NPSZn alcanzó rendimientos superiores a NP (Tabla 4). Estos incrementos son acordes a la disponibilidad inicial observada en suelo (Tabla 2), que señala valores bajos de oferta inicial. Relaciones entre los rendimientos y la disponibilidad de nutrientes son citadas con frecuencia en la literatura (Grant *et al.*, 2019; Gupta, 2023).

Las variables intermedias reflejaron y anticiparon el efecto de los tratamientos. Algunas en forma muy marcada, como altura de las plantas, vigor, NDVI, intercepción, GE o NG. El mayor contraste siempre fue con el control. La mayor correlación a rendimiento se observó en plantas débiles ($r^2=0,96$), la calificación subjetiva del vigor ($r^2=0,83$), NDVI ($r^2=0,66$), intercepción ($r^2=0,91$), GE ($r^2=0,75$) y NG ($r^2=0,98$) (Tabla 4).

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten aceptar las hipótesis propuestas. Se determinó respuesta al uso de arrancadores fosforados. Fue necesario el agregado de fuentes NPS o NPS Zn para obtener los rendimientos máximos del sitio. Ante una deficiencia en el suelo, la respuesta se mantuvo aún bajo una intensa sequía como la del ciclo 2022/23.

Bibliografía

Battisti, M.; Moretti, B.; Blandino, M.; Grignani, C.; Zavattaro, L. 2023. *Maize response to nitrogen and phosphorus starter fertilisation in mineral-fertilised or manured systems*. En: *The Crop Journal* 11(3): 922-932.

Chen, X.; Ren, H.; Zhang, J.; Zhao, B.; Ren, B.; Wan, Y.; Liu, P. 2024. *Deep phosphorus fertilizer placement increases maize productivity by improving root-shoot coordination and photosynthetic performance*. En: *Soil and Tillage Research* 235:105915.

Grant, C. A.; Flaten, D. N. 2019. *4R Management of Phosphorus Fertilizer in the Northern Great Plains*. En: *Journal of Environmental Quality*.

Gupta, N. 2023. *Balancing phosphorus fertilization for sustainable maize yield and soil test phosphorus management: A long-term study using machine learning*. En: *Field Crops Research* 304:109169.

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

07

Fertilización con fósforo, azufre y zinc en soja. Estructura del cultivo, rendimiento y componentes

**GUSTAVO N. FERRARIS^{1, *},
TRINIDAD REDDEL²
Y MAURO BALZA²**

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

² OCP Group

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Fosforo, azufre y zinc son nutrientes claves en el cultivo de soja. Este trabajo de dos años, bajo condiciones ambientales divergentes, evalúa la respuesta al agregado de estos nutrientes al suelo, al momento de la siembra. Prevalece la respuesta a fósforo, dada su importancia en el crecimiento de la planta y su baja disponibilidad en suelo.

Palabras clave: Soja, Fertilizantes “starter”, Fertilización balanceada, Reposición de nutrientes.

Introducción

Las fuentes fosforadas son cruciales para el crecimiento y desarrollo de la soja, ya que el fósforo (P) es un nutriente esencial involucrado en la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis de ácidos nucleicos. En la agricultura, el fósforo se suministra principalmente a través de fertilizantes fosfóricos, como el superfosfato simple (SSP), el superfosfato triple (TSP) y fosfatos de amonio (MAP y DAP). La disponibilidad de fósforo en el suelo depende de factores como el pH, la textura del suelo y la presencia de microorganismos solubilizadores de fósforo. Estos microorganismos, como ciertas bacterias y hongos micorrícicos, juegan un papel importante en la movilización del fósforo, haciéndolo más accesible para las plantas

de soja. La gestión adecuada del fósforo es fundamental para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo de soja, evitando tanto la deficiencia como el exceso, que pueden ser perjudiciales.

El P, el azufre (S) y el zinc (Zn) son nutrientes esenciales que interactúan de manera compleja en el suelo y las plantas. Estas interacciones pueden influir significativamente en la disponibilidad y la absorción de cada nutriente. Trabajos recientes documentan respuestas sólidas al agregado de P y otros nutrientes en Argentina (Ferraris *et al.*, 2023), Brasil (Vieira *et al.*, 2023) y EEUU (Morales *et al.*, 2023; Omidire *et al.*, 2023). Entre los factores que afectan la respuesta, sobresale en primer lugar la disponibilidad en suelo (Morales *et al.*, 2023), pero también se mencionan la textura (Veloso *et al.*, 2023) y el efecto de la fuente (Ferraris *et al.*, 2023; Omidire *et al.*, 2023; Vieira *et al.*, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de diferentes fuentes para la fertilización de soja, a igual aporte de P. Hipotetizamos que 1, los fertilizantes incrementan los rendimientos de soja, y 2, mezclas químicas multi-nutrientes permiten incrementar los rendimientos de soja respecto de las tradicionales, a partir de una composición balanceada y formulaciones de mejor calidad que facilitan la absorción por parte del cultivo.

Materiales y Métodos

Durante las campañas 2022/2023 y 2023/2024 se realizaron dos experimentos de campo destinados a evaluar el comportamiento de fertilizantes “arrancadores” o “starters” en soja de primera. Los ensayos se implantaron en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, familia mixta, franca, térmica, Clase I-2, IP=85. El primer

año la siembra se realizó el día 18 de noviembre, con la variedad DM 46i20 STS y un espaciamiento de 0,40 m entre hileras. La segunda campaña, el día 15 de Noviembre, con la variedad DM 40E23 STS, en hileras espaciadas a 0,40 m. En ambos casos el antecesor fue maíz tardío. Las parcelas se mantuvieron libres de adversidades bióticas.

Tabla 1. Tratamientos de Soja de primera. Pergamino. Campañas 2022/2023 y 2023/2024.

Trat	Tratamiento	MAP	MAP70 SPS30	Foszinc	N	P	S	Zn
	kg/ha							
T1	Control							inoculante
T2	NP	80				18		inoculante
T3	NPS		105			18	5,2	inoculante
T4	NPSZn			92		18	4,6	inoculante

Tabla 2. Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones

Ciclo	Prof.	PH	MO	Fósforo	S-Sulfatos	Zinc	Boro
		agua 1:2,5	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2022/23	0-20	5,6	3,16	6,5	8,2	0,40	0,71
	cm	lig ácido	medio	muy bajo	medio	muy bajo	bajo
2023/24	0-20	6,3	2,91	14,5	6,5	1,02	0,54
	cm	neutro	medio	bajo	bajo	medio	medio

Durante el ciclo de cultivo, se midieron diferentes parámetros de crecimiento, nutrición y componentes del rendimiento. La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz, recolectando

la totalidad de la parcela, de 7 x 1 m. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

Resultados y Discusión

En las Tablas 3 y 4 se presenta la evaluación de diferentes variables de crecimiento, nutrición y rendimiento.

Finalmente, en las Figuras 1. A y 1. B se ilustran los rendimientos, con sus desvíos y significancia estadística.

Tabla 3. Materia seca en R2, altura de planta (cm), contenido de N estimado por Spad, NDVI por Green Seeker, intercepción, calificación del vigor, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el control. Campaña 2022/2023.

Tr	Tratamiento	Materia seca R2 (kg/ha)	Altura planta (cm)	Spad	Green Seeker R4	Intercepción R4 (%)
T1	Control	1880	76	37,6	0,64	75,5
T2	P	1700	74	46,7	0,67	71,1
T3	PS	1542	80	47,6	0,69	76,7
T4	PS Zn	1762	76	47,0	0,69	79,0
	R ² vs rendimiento	0,20	0,00	0,79	0,78	0,06
Tr	Tratamiento	Vigor	Nudos/planta	Vainas/planta	NG	PG
T1	Control	3,5	11	17	1739	107
T2	P	3,8	12	23	2072	104
T3	PS	3,8	11	18	1995	106
T4	PS Zn	3,7	11	23	2203	104
	R ² vs rendimiento	0,52	0,30	0,66	0,99	0,78

R4 (vaina de máximo tamaño) de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: según escala 1: mínimo – 5: máximo, evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Intercepción: evaluado como % de la radiación máxima incidente.

Tabla 4. Materia seca en R2, altura de planta (cm), contenido de N estimado por Spad, NDVI por Green seeker, intercepción, calificación del vigor, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Campaña 2023/2024.

Tr	Tratamiento	Materia seca R2 (kg/ha)	Altura planta (cm)	Spad	Green Seeker R4	Intercepción R4 (%)
T1	Control	1381	82	40,8	0,82	80,5
T2	P	1450	86	41,0	0,83	89,7
T3	PS	1550	84	40,8	0,83	91,2
T4	PS Zn	1775	87	43,9	0,83	92,3
	R ² vs rendimiento	0,19	0,59	0,03	0,95	0,84
Tr	Tratamiento	Vigor	Nudos/planta	Vainas/planta	NG	PG
T1	Control	3,5	14	32	2807	176,5
T2	P	3,9	15	43	3203	175,5
T3	PS	3,7	18	67	3097	179,0
T4	PS Zn	4,0	18	57	3044	179,5
	R ² vs rendimiento	0,59	0,34	0,45	0,96	0,04

R4 (vaina de máximo tamaño) de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: según escala 1: mínimo – 5: máximo, evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Intercepción: evaluado como % de la radiación máxima incidente.

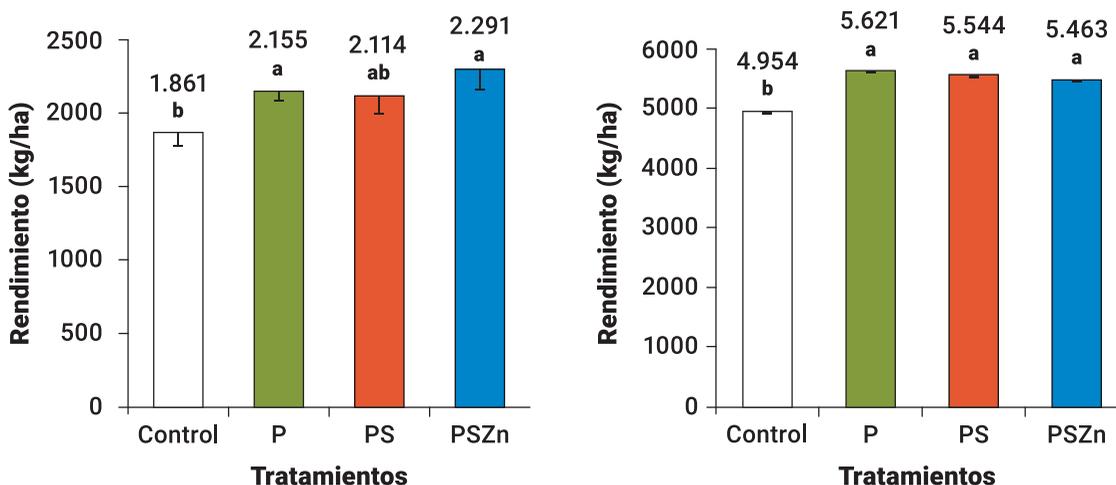


Figura 1. Rendimiento de grano según tratamientos de fertilización en soja, mediante el uso de diferentes mezclas con base fosforada. **A)** Campaña 2022/2023. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (**LSD** a=0,10, **DMS**=268 kg/ha). **B)** Campaña 2023/2024. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (**LSD** a=0,10; **DMS**=413 kg/ha). Las barras de error señalan la desviación standard de la media. Localidad de Pergamino.

En 2022/23 el rendimiento promedio del sitio alcanzó un promedio de 2105 kg/ha, lo cual representa un valor muy bajo para Pergamino y la región. Las causas se deben buscar únicamente en las precipitaciones y temperatura de la campaña, que alcanzaran valores extremos. Los tratamientos de fertilización lograron estimular algunos parámetros de crecimiento

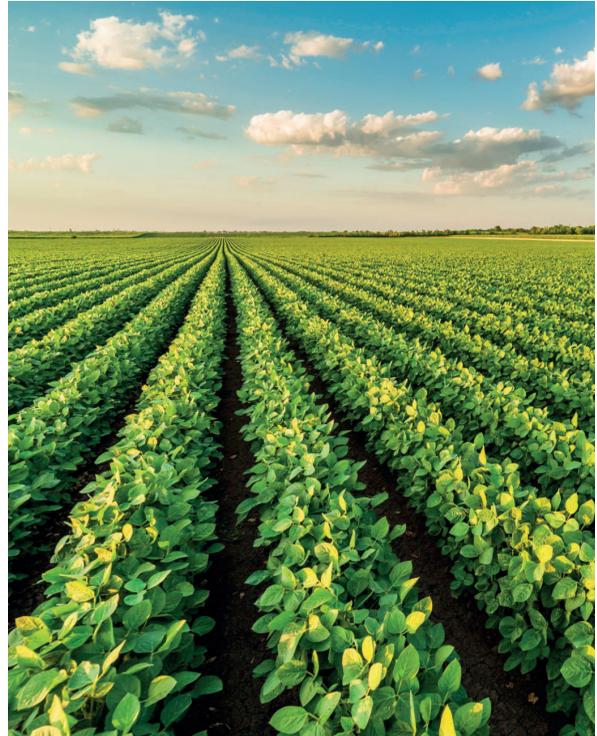
describiendo con ajuste el efecto de tratamiento. Las de mayor relación estadística fueron contenido de N estimado por Spad ($r^2=0,79$), NDVI ($r^2=0,78$), la calificación del vigor ($r^2=0,52$), vainas/planta ($r^2=0,66$), NG ($r^2=0,99$) y PG ($r^2=0,78$).

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos ($P=0,08$, $cv=9,8\%$). Todos los tratamientos fertilizados superaron al control, sin diferencias estadísticas entre sí (Figura 4). La mayor productividad absoluta correspondió a PSZn, con una respuesta sobre el control de 429,9 kg/ha (Tabla 3 y Figura 1. A). Esta magnitud de respuesta, considerable para el nivel de rendimiento, se explican en la baja fertilidad del sitio, especialmente en P y Zn.

En el ciclo 2023/4, los rendimientos alcanzaron un excelente nivel de 5398 kg/ha, sobresaliente para la productividad del sitio y un ambiente de altas temperaturas y escasas precipitaciones a finales de enero e inicios de febrero. De las variables de cultivo, altura de plantas ($r^2=0,59$), NDVI por Green Seeker ($r^2=0,95$), intercepción ($r^2=0,84$), la calificación del vigor ($r^2=0,59$) y NG ($r^2=0,96$) fueron las variables que en mayor medida expresaron efecto de tratamiento (Tabla 4), presentando claras diferencias entre control y fertilizados.

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos, evidenciando una clara respuesta a la fertilización ($P=0,05$, $cv=5,9\%$). No se determinaron diferencias entre fuentes (Figura 1. B), prevaleciendo la respuesta a P por sobre el resto de los nutrientes. Los incrementos oscilaron entre 509,7 y 667 kg/ha (Tabla 4).

Durante el primer ciclo, el aporte de Zn generó una tendencia positiva en los rendimientos, pero no fue significativa (Figura 1. A). La disponibilidad de Zn fue muy baja (Tabla 2), creando un ambiente deficitario y predisponente a obtener respuesta a la fertilización. El clima riguroso y la baja demanda del cultivo impidieron la normal expresión de este comportamiento. El segundo año los valores en suelo fueron más elevados, explicando la ausencia de respuesta a Zn.



Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten aceptar las hipótesis 1. Se determinó un efecto relevante y significativo de la fertilización, confirmando la prevalencia de P sobre el resto de los nutrientes. Aun bajo sequía extrema, si los niveles en suelos son bajos, el cultivo de soja sostiene su respuesta a la fertilización con nutrientes de baja movilidad en el suelo. En cambio, la hipótesis 2 no puede ser aceptada, al no observar diferencias entre fuentes.

Bibliografía

Ferraris, G. N.; Díaz Zorita, M.; Grasso, A. 2023. *Intensificación productiva: comparación de modelos de fertilización para la región núcleo pampeana*. En: Revista de Tecnología Agropecuaria - RTA 10 (43) : 17-22. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/16657>

Morales, N. A.; Gatiboni, L.; Osmond, D.; Vann, R.; Kulesza, S.; Crozier, C.; Hardy, D. 2023. *Critical soil test values of phosphorus and potassium for soybean and corn in three long-term trials in North Carolina*. En: Soil Science Society of America Journal, 87(2): 278-290.

Omidire, N. S.; Brye, K. R.; English, L.; Kekedy-Nagy, L.; Greenlee, L.; Popp, J.; Roberts, T. L. 2023. *Soybean growth and production as affected by struvite as a phosphorus source in eastern Arkansas*. En: Crop Science 63(1):320-335.

Veloso, F. R.; Marques, D. J.; De Melo, E. I.; Bianchini, H. C.; Maciel, G. M.; De Melo, A. C. 2023. *Different soil textures can interfere with phosphorus availability and acid phosphatase activity in soybean*. En: Soil and Tillage Research 234:105842.

Vieira, N. D.; Moreira, A.; Moraes, L. A. C.; Cabrera, R. A. D.; Marubayashi, R. Y. P. 2023. *Soybean yield, yield components, and phosphorus concentration under different phosphate sources*. En Communications in Soil Science and Plant Analysis 54(9):1239-1249.

08

Infiltración básica en lotes bajo agricultura continua del norte de la provincia de Buenos Aires

JAVIER ELISEI^{1,*}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino
Manejo de Cultivos. (Argentina)
* elisei.javier@inta.gob.ar

En el presente trabajo técnico se estimó la tasa de infiltración básica en diferentes lotes bajo uso agrícola de la zona rural de Pergamino y partidos aledaños. Para ello, se utilizó el método del anillo simple con carga hidráulica constante. Las mismas variaron entre 11 y 151 mm/h y permitieron discernir diferentes condiciones físicas del suelo.

Palabras clave: Infiltrómetro, Condición física del suelo, Estructura.

Introducción

El sistema de labranza, el tránsito agrícola, el pisoteo animal y la secuencia de cultivos, entre otras, inducen cambios en las propiedades físicas del suelo. Una de las variables de suelo para caracterizar la condición física es la infiltración básica (Ib). La misma está influenciada por diferentes características del suelo, entre ellas: humedad, textura, estructura, densidad aparente y porosidad del suelo.

El objetivo del trabajo fue evaluar a través de un método práctico y económico la infiltración básica del suelo en lotes bajo producción agrícola y sin registro de labranzas en los últimos tres años del norte de Buenos Aires.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la zona rural de Pergamino y partidos aledaños. Para ello se seleccionaron 12 lotes con suelos argiudoles típicos, bajo producción agrícola y sin registro de labranzas en los últimos tres años. La I_b se determinó mediante el infiltrómetro de anillo simple con carga hidráulica constante (Eiza y Carfagno, 2018). El mismo es de construcción sencilla a un bajo costo y permite realizar varias repeticiones con facilidad. Posee un anillo infiltrómetro de 21 cm de diámetro, 12 cm de alto y 4.1 mm de espesor, el cual se clava 6 cm en el suelo. Asimismo, consta de un disco soporte de plástico y una botella graduada (Fotografía 1).

Durante el invierno del año 2020, se realizaron 6 repeticiones en sitios homogéneos y representativos del lote sin huellas de tránsito agrícola recientes, pisoteo animal o corridas de agua. Las lecturas se realizaron 4 veces cada 5 minutos y a continuación otras 4 veces cada 10 minutos finalizando a los 60 minutos.

La I_b se determinó en cada estudio de caso a través de la estimación de los parámetros del modelo de Horton: $I_{\text{tiempo}} = I_b + (I_i - I_b) \cdot \exp(-k \cdot T)$, donde I_{tiempo} es la tasa de infiltración en función del tiempo (mm/h), I_b es la



Fotografía 1. Infiltrómetro de anillo simple con disco soporte y botella graduada.

tasa de infiltración estabilizada o básica (mm/h), I_i es la tasa de infiltración en el tiempo=0 (inicial, mm/h), k es el factor de caída de la tasa de infiltración y T es el tiempo en minutos. Asimismo, se determinó el coeficiente de determinación (r^2) para percibir el grado de ajuste del modelo a los datos. En la Figura 1 se presenta un ejemplo.

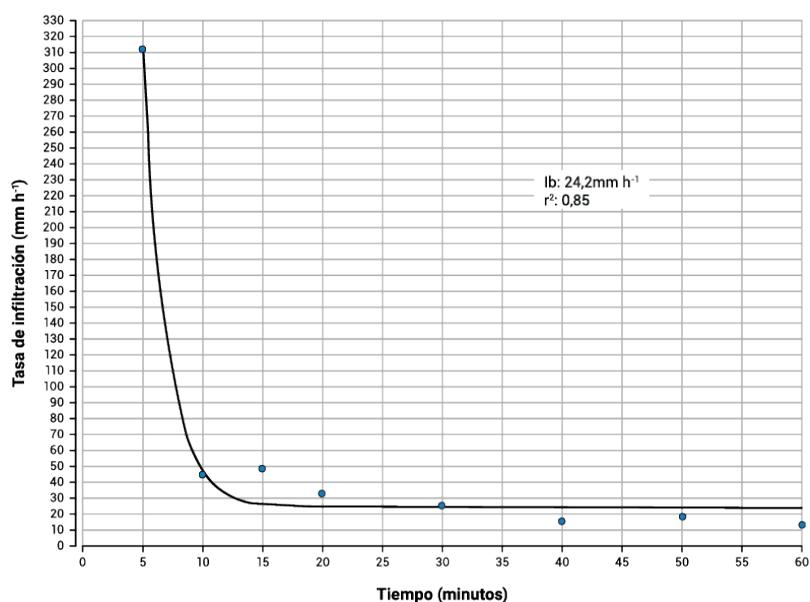


Figura 1. Estudio de caso 2. I_b : tasa de infiltración estabilizada o básica. r^2 : coeficiente de determinación del modelo de Horton.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan la I_b y el coeficiente de determinación (r^2) de cada estudio de caso. La misma varió entre 11,2 y 151,0 mm/h representando las diferentes condiciones físicas en la que se encontraban los lotes producto del manejo agrícola particular. Mientras que el grado de ajuste del modelo de Horton evaluado a través del r^2 para cada estudio

de caso superó 0,6 en un gran porcentaje de ellos confirmando la utilidad del mismo. Cabe destacar que considerando un intervalo de valores críticos de I_b de 20-25 mm/h (USDA, 1999) existen tres casos de estudio que ameritan cambios en el manejo del suelo dado los posibles problemas en la cantidad, continuidad y orientación de la macroporosidad.

Tabla 1. Infiltración estabilizada o básica (I_b) y coeficiente de determinación (r^2) para cada estudio de caso (EC).

	EC											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I_b (mm/h)	37,4	24,2	28,8	57	151	85	64	11,2	85,8	37,2	13,9	30
R^2	0,35	0,85	0,96	0,77	0,63	0,6	0,49	0,6	0,72	0,78	0,41	0,62

Conclusiones

La tasa de infiltración estabilizada o básica medida a través de un método práctico y simple tuvo variabilidad en los suelos evaluados aportando al monitoreo de la condición física del suelo.

Bibliografía

United States Department of Agriculture (USDA). 1999. *Soil Quality Test Kit Guide [online]*. Washington, DC. <https://nrcspad.sc.egov.usda.gov/DistributionCenter/pdf.aspx?productID=385>. Consultado el 26 de marzo de 2024.

Eiza, M.; Carfagno, P. 2018. *Medición de la infiltración en el suelo. Infiltrómetro de anillo simple y simulador de lluvia*. En: Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos. Quiroga A. R.; Fernández R. y Alvarez C. 1ª ed. – Anguil, La Pampa: Ediciones INTA. 25-36 p.

Agradecimientos al Ing. Agr. Juan Radrizzani por los aportes realizado al presente trabajo.

09

Efecto de la fertilización azufrada en la productividad del trigo y su interacción con el nitrógeno

**DAVID MELIÓN^{1, *},
Y ROMINA PAOLA DE SAN
CELEDONIO^{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. Agencia de Extensión Rural Chivilcoy (Argentina).

³ Universidad de Buenos Aires (UBA). Facultad de Agronomía. Cátedra de Producción Vegetal (Argentina).

* melion.david@inta.gob.ar

Para evaluar el impacto de la fertilización azufrada, y su interacción con la fertilización nitrogenada en el rendimiento en trigo, se realizaron experimentos en la localidad de Bragado, durante 2019 y 2020. Se utilizaron distintas dosis de los fertilizantes, combinando los niveles de nutrientes en los tratamientos evaluados.

Palabras clave: Rendimiento, Cultivo, Nutrientes, Dosis.

Introducción

El trigo es el cultivo invernal predominante de la región pampeana. La superficie de siembra a nivel nacional oscila entre la 5,5 y los 6 millones de hectáreas, estimándose para la presente campaña una superficie de 6,92 millones de hectáreas (BCR, 2024).

La práctica de la fertilización es determinante para obtener buenos rendimientos y a su vez es el mayor componente del costo del trigo. Luego del nitrógeno (N) y fósforo (P), el azufre (S) es el tercer nutriente limitante para el crecimiento de los cultivos en la Región Pampeana

(Torres Duggan *et al.*, 2012). La fertilización con N y S, y su interacción, ha sido estudiada por diversos autores. La fertilización balanceada con estos nutrientes incrementa las tasas de crecimiento del cultivo de trigo en etapas críticas para la definición del número de granos. El desarrollo de mayor área foliar, que determina una mayor capacidad de interceptar radiación en el período crítico, es uno de los efectos principales de la adición de S (Salvagiotti *et al.*, 2009). Sin embargo, es importante destacar que la disponibilidad de N no debe ser limitante para poder sacar el provecho máximo de la fertilización con S.

El agregado de S en trigo normalmente se planifica a partir de los requerimientos del cultivo y del diagnóstico que surge de los contenidos de S como sulfatos en suelo. En este sentido se han desarrollado diferentes métodos basados en el análisis de suelo. Johnson y Fixen (1990), reportaron niveles críticos (NC) de S-SO₄-2 en suelo de 10 mg/kg para el cultivo de trigo.

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la respuesta del trigo a dosis crecientes de S y su interacción con la disponibilidad de N. Además, se buscó determinar si la eficiencia del uso del N se ve modificada por la adición de S.

Materiales y Métodos

Los experimentos se llevaron a cabo durante las campañas 2019 y 2020, en lotes cercanos a la localidad de Bragado, sobre suelos hapludoles. Las variedades utilizadas fueron Klein Liebre y DM Ceibo, y se sembraron el 11 de junio y el 5 de julio respectivamente. Se utilizó sembradora experimental a un distanciamiento de 20 cm entre hileras y se agregó a la siembra 130 kg/ha de fosfato monoamónico (11-23-0). La densidad de siembra objetivo fue de 300 semillas/m².

Previo a la siembra de los ensayos se realizaron análisis de suelo (Tabla 1) para conocer la situación nutricional de los sitios. Los tratamientos de fertilización N – S se aplicaron al voleo, inmediatamente después del nacimiento del trigo. La fuente

nitrogenada utilizada fue urea granulada (46-0-0) y la azufrada fue sulfato de calcio (0-0-0-18 S-22 Ca). Se utilizaron prácticas y tecnologías de protección a malezas y enfermedades del cultivo utilizadas por el productor.

Las precipitaciones registradas entre julio y noviembre para las campañas evaluadas (Figura 1) fueron 455 mm y 433 mm en 2019 y 2020 respectivamente, siendo abundantes particularmente en octubre y noviembre con registros durante estos meses de 345 mm en 2019 y 270 mm en 2020, coincidiendo con el período crítico del cultivo (20 días antes y 10 días después de anthesis).

Los tratamientos los formaron distintas dosis de N agregado al suelo (20, 80, 100, 160, 180 y 240 kg N/ha), los que se combinaron con 0, 7, 14, 21 y 28 kg/ha de S.

Se realizó la cosecha recolectando la parcela completa con cosechadora experimental. Se pesaron las muestras y se corrigieron por humedad (14%) para determinar el rendimiento en grano.

El diseño experimental utilizado fue en diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones con unidades experimentales de 1,4 m de ancho y 5 m de largo. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza con arreglo factorial mediante el software de análisis estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). La diferencia entre medias fue testeada mediante el LSD Fischer con un alfa= 0,05. El grado de asociación entre la fertilización azufrada y el rendimiento de trigo se analizó mediante modelos de regresión lineal, según la siguiente ecuación:

$$Y = a + b \cdot X \quad (\text{Ec. 1})$$

Tabla 1. Resultados de análisis de suelo de los sitios experimentales durante las campañas 2019 y 2020.

Variable	2019	2020
N suelo 0-60 cm (kg/ha)	63,8	55,3
P Bray 0-20 cm (mg/kg)	8,3	9,2
S-S04-2 0-20 cm (mg/kg)	8,4	7,7
pH	5,9	5,8
MO (%)	2,9	3,5

La relación entre el rendimiento de trigo y el nitrógeno disponible en el suelo se analizó mediante funciones hiperbólicas, según la siguiente ecuación:

$$Y = B_{\max} \cdot X / (K_d + X) \quad (\text{Ec. 2})$$

en donde Y representa el rendimiento en grano de trigo (kg/ha), X el nivel de N disponible en el suelo (kg/ha), B_{max} es el rendimiento máximo teórico del trigo (kg/ha) y K_d es la constante de medio-saturación

(kg/ha), que es la cantidad de N necesaria para alcanzar la mitad del rendimiento máximo.

Los ajustes se realizaron mediante el método de mínimos cuadrados utilizando el software Graph Pad Prism versión 8.

La eficiencia agronómica (EA) del fertilizante nitrogenado fue calculada como el cociente entre el diferencial de rendimiento obtenido entre dos tratamientos de fertilización, y la dosis de fertilizante aplicado (kg rendimiento/kg de N aplicado).

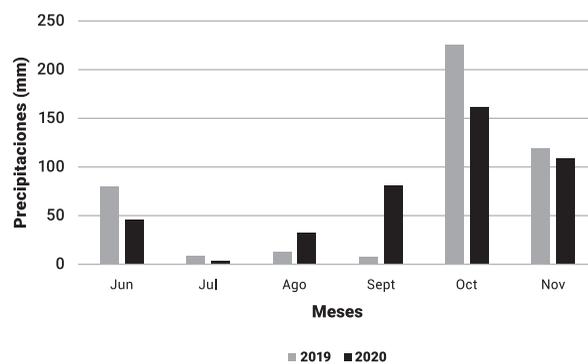


Figura 1. Precipitaciones (mm) registradas durante el ciclo del cultivo en 2019 y 2020.



Resultados y Discusión

Considerando que los requerimientos hídricos del cultivo de trigo son de aproximadamente 400 - 450 mm, la disponibilidad hídrica no habría limitado el rendimiento del cultivo.

Los rendimientos promedio obtenidos fueron 4674 y 4662 kg/ha para las campañas 2019 y 2020, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre años ni interacción entre la fertilización azufrada y el año ($p > 0,1$). Debido a ellos se prosiguió a analizar los datos como promedio de ambas campañas. Se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de N ($p < 0,001$) y entre los tratamientos de S ($p < 0,05$), sin interacción entre ambos factores ($p > 0,1$). Los rendimientos obtenidos para cada tratamiento se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento de trigo (kg/ha) para los distintos tratamientos de fertilización nitrogenada y azufrada y su combinación.

Dosis de N (kg/ha)	Dosis de S (kg/ha)					Promedio N
	0	7	14	21	28	
20	3267	3383	2963	3677	3330	3324 B
80		2820	2620	2820	2747	2752 A
100	5053	4683	4903	5130	5103	4975 C
160		5080	4953	5387	5153	5143 C
180	5527	5933	5663	5593	5893	5722 D
240		5573	5547	6553	6987	6165 E
Promedio S	4616 AB	4579 A	4442 A	4860 B	4869 B	

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

Aunque el análisis de varianza (ANOVA) no detectó una interacción significativa entre la disponibilidad de N y la fertilización azufrada, el análisis de regresión reveló una interacción que se manifiesta en la necesidad de ajustar dos modelos de regresión distintos. La fertilización azufrada se asoció positivamente con el rendimiento solo en la condición de mayor disponibilidad de N (Figura 2). Para el tratamiento de 240 kg/ha de N se observó una correlación lineal positiva entre el rendimiento y la dosis de fertilizante azufrado ($p < 0,01$; $R^2 = 0,56$), con una pendiente de

Según los datos de análisis de suelo, había probabilidad de respuesta al agregado de S debido que en ambos sitios los valores de S-SO₄-2 se encontraban por debajo del NC. Sin embargo, para las condiciones del presente trabajo solo se obtuvo respuesta al agregado de S con las dosis más altas (21 y 28 kg/ha), respecto a los tratamientos de 7 y 14 kg/ha de S. Esto puede deberse a que en algunos estudios obtuvieron baja correlación entre la concentración de S-SO₄-2 en el suelo y el rendimiento, debido a la gran cantidad de factores que inciden sobre la dinámica del S en el suelo (McGrant *et al.*, 2002).

75 kg de trigo por kg de S aplicado. Para las dosis más bajas de N no se encontró una relación entre la dosis de S y el rendimiento de trigo ($p > 0,1$). Esto indicaría que la respuesta al agregado de S queda limitada a condiciones donde el N no es limitante para la generación del rendimiento, y esto coincide con lo enunciado por Salvagiotti *et al.* (2009). La sensibilidad del modelo de regresión para detectar estas interacciones se debe a su capacidad de ajustar más detalladamente las relaciones entre variables, al considerarlas como variables continuas. Esto permite

identificar patrones que pueden no ser evidentes en un ANOVA, centrado en la comparación de medias.

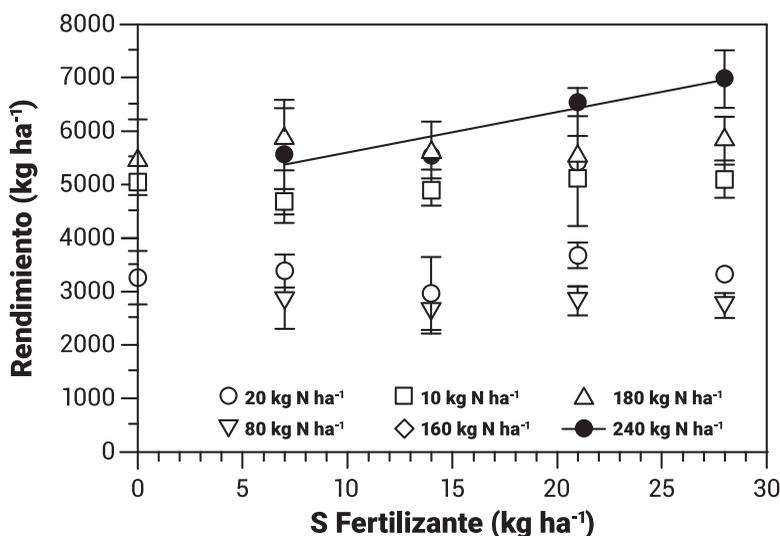


Figura 2. Rendimiento de trigo en función de la dosis de azufre (S) aplicado al suelo como fertilizante para distintos niveles de fertilización nitrogenada (20, 80, 100, 160, 180 y 240 kg N/ha). Los datos corresponden a las campañas 2019 y 2020 en la localidad de Bragado. Se presentan rendimientos promedios ± 1 desvío estándar (N=3). La línea llena representa ajuste de la regresión lineal para el tratamiento de 240 kg N/ha

El rendimiento de trigo se incrementó a medida que aumentó la disponibilidad de N en el suelo, y se alcanzaron valores máximos mayores con los niveles más altos de fertilización azufrada (Figura 3). Se ajustaron dos modelos por separado: uno para los tratamientos de 0, 7 y 14 kg/ha de S ($R^2= 0,76$) y otro para los tratamientos de 21 y 28 kg/ha de S ($R^2= 0,81$). Ambos

ajustes difirieron estadísticamente en sus parámetros ($p < 0,01$). Para los tratamientos de 14 kg/ha de S o menos, el valor máximo de rendimiento ajustado (B_{max}) fue de 8335 kg/ha, mientras que para los tratamientos de 21 y 28 kg/ha de azufre fue de 10111 kg/ha. Esto equivale a 1776 kg extra de trigo por fertilizar con al menos 21 kg/ha de S, una vez

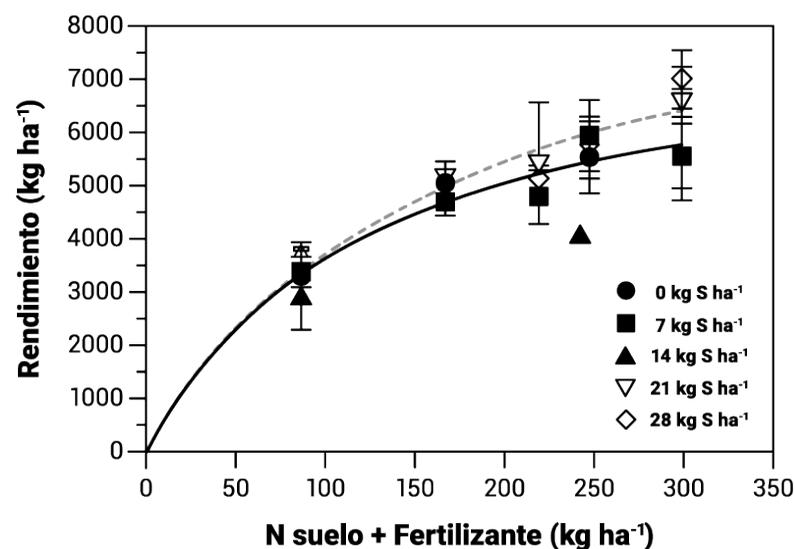


Figura 3. Rendimiento del cultivo de trigo (kg/ha) en función del contenido de N suelo + fertilizante (kg/ha) para los distintos tratamientos de S. La línea punteada representa el ajuste para los tratamientos de 21 y 28 kg/ha de azufre y la línea llena el ajuste para los tratamientos de 0, 7 y 14 kg/ha de azufre.

que se saturó la respuesta al N, lo que indicaría un aumento en la eficiencia de uso del N debido a la fertilización azufrada.

Finalmente se calculó la eficiencia agronómica (EA) de pasar de una dosis de N de 180 kg/ha, a una dosis de 240 kg/ha para cada situación de fertilización de S. Con los tratamientos de 7 y 14 kg/ha de S, la EA fue en promedio -4 kg de trigo por kg de N aplicado, mientras que, con las dosis más altas de S, la EA aumentó a 17 kg de trigo por kg de N aplicado.

Conclusiones

La fertilización azufrada en combinación con una adecuada disponibilidad de nitrógeno es esencial para maximizar el rendimiento del trigo. Usando dosis crecientes de azufre hasta 28 kg/ha, en condiciones de suficiente nitrógeno, no solo se incrementa el rendimiento sino también mejora la eficiencia en el uso del nitrógeno aplicado. Estos resultados subrayan la importancia de una fertilización balanceada y la necesidad de considerar tanto S como N en las estrategias de manejo nutricional para optimizar la productividad del trigo.

Bibliografía

BCR. 2024. *Bolsa de cereales de Rosario*. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones> [consultado: 01 julio 2024].

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2020. *InfoStat. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. URL <http://www.infostat.com.ar>

Johnson, G. V.; Fixen, P. E. 1990. *Testing Soils for Sulfur, Boron, Molybdenum, and Chlorine*. En: Westerman, R. L. (ed) *Soil testing and Plant analysis* 3: 265-273.

Mc Grant, S. P.; Zhao, F. J.; Blake-kalff, M. M. A. 2002. *Sulphur in soils: proceses, behaviour and measurement*. En: *Proceedings International Fertiliser Society* 499: 26.

Salvagiotti, F.; Castellarin, J. M.; Miralles, D. J.; Pedrol, H. M. 2009. *Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake*. En: *Field Crops Research* 113:170-177.

Torres Duggan, M.; Melgar, R.; Rodríguez, M. B.; Lavado, R. S.; Ciampitti, I. A. 2012. *Sulfur fertilization technology in the Argentine Pampas region: a review*. En: *Agronomía & Ambiente* 32(1-2): 61-73.

TESIS DE MAESTRÍA

Efecto de la fertilización de largo plazo con fósforo y nitrógeno en las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociadas al cultivo de maíz

TESISTA: ING. AGR. BRAIAN GASET

Directora: Ing. Agr. (M.Sc.; Dr.) Valeria Soledad Faggioli.

Co-director: Ing. Agr. (Dr.) Gerardo Rubio.

Consejero de Estudios: Ing. Agr. (M.Agr.Sc.) Manuel Carlos Ferrari.

JURADOS

Ing. Agr. (M.Sc.; Ph.D.) Fernando Salvagiotti.

Ing. Agr. (M.Sc.; Dr.) Fernanda Covacevich.

Ing. Agr. (M.Sc.; Dr.) Silvina Beatriz Restovich.

La micorrización es una relación simbiótica integrada por hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) y las raíces de las

plantas. Mediante esta simbiosis las plantas reciben recursos del suelo que son captados por el micelio extra radical de los hongos, y proveen a los mismos de carbono orgánico. Este intercambio es afectado por el ambiente circundante, siendo la disponibilidad de nutrientes un factor modulador clave. El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de la aplicación continua, y de largo plazo, de fósforo (P) y nitrógeno (N) en el suelo sobre las comunidades de HFMA residentes en la rizosfera. El experimento se condujo sobre un ensayo a campo de larga duración donde se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización: P0N0 (control), P0N1 (100 kg N ha⁻¹), P1N0 (24 kg P ha⁻¹) y P1N1 (24 kg P ha⁻¹ y 100 kg N ha⁻¹). Se realizaron muestreos a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo de maíz, en los estadios V3, V6, V9, R1, R4 y R6. Se evaluó: (a) la acumulación biomasa aérea, la absorción de P y N y el rendimiento; (b) la presencia de hifas, arbusculos y vesículas en todos los muestreos realizados; y (c) la diversidad de HFMA en muestras de suelo rizosférico tomadas en los estadios V6 y R1 mediante secuenciación masiva de alto rendimiento de la región 18S rDNA. Se observó que el N fue el principal determinante de la acumulación de biomasa y del rendimiento en el cultivo. La absorción de P y N estuvo íntimamente vinculada a la fertilización. Las raíces de maíz mostraron porcentajes de micorrización superiores al 55% en todo el ciclo del cultivo. La fertilización fosfatada fue la principal moduladora de la micorrización. La adición de P tuvo un efecto supresor sobre la formación de arbusculos, pero no fue consistente en todo el ciclo del cultivo. La aplicación de N redujo la formación de vesículas sólo en el estadio R6 del cultivo. La aplicación de N incrementó la diversidad alfa de las comunidades de HFMA residentes en el suelo, aumentando el número de VTX por muestra lo que también se manifestó en el índice Shannon. La aplicación de N aumentó la diversidad en 8 de las 9 familias detectadas al aumentar el número de OTUs, en promedio, en un 90%. Glomeraceae fue la familia más abundante en todas las muestras. La oferta de P tuvo una influencia significativa en la composición de las comunidades de HFMA, haciendo que las comunidades se asemejen por tratamiento de P en ambos muestreos realizados. La fertilización fosfatada redujo en un 21% el número de OTUs en Glomeraceae tanto en el estadio V6 como R1 del cultivo. Se pudieron identificar taxones indicadores en cada tratamiento. Estos resultados ponen en valor la incidencia de las prácticas de fertilización más frecuentes en los sistemas agrícolas de la Región Pampeana Argentina sobre las comunidades de HFMA residentes en el suelo y pueden brindar un punto de partida en el desarrollo de estrategias de manejo asociadas a potenciar las bondades de los HFMA en la producción agrícola.

Palabras clave: Biología de suelos, Diversidad, Sustentabilidad.

TESIS DOCTORAL

Aportes de la biología de Capín (*Echinochloa colona* L. Link) para un manejo proactivo de la resistencia a glifosato

TESISTA: ING. AGR. GABRIEL PICAPIETRA

Director: Dr. (MSc.) Ing. Agr. Horacio A. Acciaresi.

Co-director: Prof. Lic. Daniel Tuesca.

JURADOS

Dra. Elba de la Fuente.

Dra. Ma. Luz Zapiola.

Dra. Tatiana Vega.

En la agricultura extensiva las malezas resultan la principal adversidad biótica y, dentro de ellas, *Echinochloa colona* es una de las especies gramíneas más importantes en Argentina y en el mundo. El manejo de esta maleza centrado en el uso de glifosato condujo a la selección de poblaciones resistentes, lo cual dificulta su control en los cultivos. En este contexto, las recomendaciones de manejo se basan en la rotación y mezcla de herbicidas, sin conocer la dinámica de la especie y sus bases biológicas y ecológicas. Con el objetivo general de generar información para contribuir a un manejo proactivo de *E. colona* y la mitigación de la

resistencia a glifosato, se realizaron diversos experimentos entre 2013 y 2021 para evaluar (i) germinación, (ii) emergencia, (iii) crecimiento y morfología, (iv) resistencia a glifosato, (v) relación competitiva entre individuos resistentes (R) y susceptibles (S) y (vi) el control químico con herbicidas.

Los resultados experimentales mostraron que, una vez que las semillas se desprenden de la planta madre, la dormición primaria puede persistir hasta cinco meses y el NO_3^- sería uno de los elementos más importantes para el aumento del número de semillas germinadas. Dado que el NO_3^- se encuentra mayormente disponible en los suelos y la finalización del tiempo de dormición coincide con el inicio de la primavera, el proceso de germinación se encontraría sin limitantes en situaciones de campo. A continuación, la emergencia mostró un patrón reiterado a través de los años, explicado por el tiempo térmico, con lo cual se puede predecir el inicio y la evolución de este evento a partir de la temperatura del aire. El proceso de emergencia se extendió desde septiembre hasta enero, con un potencial máximo de 5587 plantas m^{-2} . El período de emergencia se ajustó a un modelo doble logístico en función del tiempo térmico, calculado a partir de la temperatura media del aire, el cual se extendió hasta los 1240 °C d.

Las plantas pueden presentar diferentes hábitos de crecimiento modificando sus estructuras aéreas. Así, los individuos que crecieron a una densidad de 1 pl 4^{-1}m^{-2} mostraron un hábito de crecimiento postrado, con un diámetro máximo de hasta 220 cm, mientras que a la densidad de 300 pl m^{-2} los individuos presentaron un hábito de crecimiento completamente erecto con un diámetro promedio de 13,7 cm. Al igual que el diámetro, el incremento de la densidad redujo otras variables por individuo como la materia seca aérea (151,9 a 3 g pl^{-1}), el número de tallos (158 a 5 pl^{-1}), el número de semillas (32.395 a 667 pl^{-1}) y el peso de semillas (16,9 a 1,0 g pl^{-1}), lo cual explica una amplia plasticidad morfológica de carácter densodependiente. Estos resultados resaltan la importancia del control y el manejo de posibles escapes, dado que una planta puede adaptarse y maximizar la producción de semillas.

En otro experimento se asoció la susceptibilidad de *E. colona* a glifosato en función del sistema de rotación, es decir, se encontraron poblaciones heterogéneas resistentes (R) a glifosato en lotes bajo monocultura de soja o rotación soja y maíz, mientras que en sistemas donde la intensificación de la secuencia de cultivos fue mayor (con la inclusión de un cultivo de invierno), se han identificado individuos susceptibles (S). En la comparación entre los individuos de las poblaciones R y S no se observó un costo biológico asociado a la resistencia a glifosato, pues en las condiciones experimentadas los individuos de la población R tuvieron una mayor producción tanto de número como el

peso de las semillas a densidades bajas, mientras que a densidades mayores esta diferencia se diluye. En el estudio de la interacción entre los individuos de las poblaciones S y R se observó que, mayormente, crecen en plena competencia ($RRT=1$) y poseen la misma habilidad competitiva ($AGR=0$), con la excepción de la fecundidad a la densidad más baja evaluada, en donde se observó que existe una complementariedad de recursos ($RRT>1$) y los individuos de la población S tienen una mayor habilidad competitiva que los de la R para la determinación del número y peso de semillas.

Los resultados experimentales demuestran que, ante la presión de selección con glifosato, se favorece la mayor producción de semillas provenientes de los individuos R, pero cuando la proporción de individuos S:R es equitativa en un ambiente sin el herbicida, la magnitud de la pérdida por competencia de los individuos R es mayor. Para evitar la presión de selección con glifosato o gramínicidas inhibidores de la enzima ACCasa, a los 400 °C d estimados en el modelo de emergencia se encontraría el momento crítico para lograr la mayor eficiencia y eficacia de la aplicación de una mezcla de herbicidas preemergentes y glifosato, para obtener la mayor reducción del número de plántulas y la extensión del tiempo de residualidad.

Si bien es importante eliminar la presión de selección con glifosato durante el período de emergencia de E. colona, la elevada producción de semillas que mostraron los individuos de la población R podría dificultar el manejo de esta maleza, al mismo tiempo que el cultivo de soja no interfiere de manera diferencial en la productividad de los individuos S o R. Además, el desafío de reducir el estándar de plantas es crucial para evitar que la población maximice su productividad y, principalmente, esto debería lograrse antes de la implantación del cultivo.

Palabras clave: Germinación, Modelos de emergencia, Plasticidad morfológica, Poblaciones heterogéneas, Competencia.

INTA Ediciones



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Pergamino