

NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA

Experiencias de la campaña 2011/12

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,

Proyecto Regional Agrícola, CRBAN

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris, Lucrecia A. Couretot, y Gerardo Magnone

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Pte. Dr. Frondizi km 4,5 (B2700WAA)
Pergamino nferraris@pergamino.inta.gov.ar

La arveja (*Pisum sativum*) es una leguminosa invernal, subfamilia Papilionoidea. El hábito de crecimiento de las variedades cultivables es indeterminado, con respuesta fotoperiódica cuantitativa a días largos. Las etapas desde germinación están en función de la temperatura, debiendo acumular a la emergencia entre 120 y 166 °C ($T_b=0$), mientras que a floración, necesita acumular entre 650 y 700 °C dependiendo de la variedad (Prieto y Antonelli 2008, datos no publicados).

Para la descripción de las diferentes etapas de desarrollo se propone la escala sugerida por Knott (Knott, 1987), en la que se definen los 4 estados principales: emergencia, crecimiento vegetativo, reproductivo y senescencia.

Requerimientos Nutricionales

Las necesidades nutritivas de la arveja son descriptas en la tabla 2. Como es una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno.

Tabla 1: *Requerimientos nutricionales de la arveja (Prieto, 2010).*

Nutriente	kg/ton producida
Nitrógeno (N)	42
Fósforo (P)	5
Potasio (K)	24
Magnesio (Mg)	4
Azufre (S)	2

Durante la campaña 2011/12, se condujeron ensayos de campo relacionados con la nutrición del cultivo. Los experimentos fueron conducidos en la EEA INTA Pergamino, en un suelo sin antecedentes de legumbre. El experimento se sembró el día 3 de Agosto, con una sembradora experimental de siembra directa que distancia las hileras a 0,20 m. Se utilizó la variedad Facón, caracterizada por ser foliosa y de porte rastrero. Como objetivo se sembraron 120 pl/m², obteniendo una excelente implantación. Durante el ciclo, se realizaron tratamientos para el control de pulgón y oruga bolillera. A la siembra, el perfil se encontraba medianamente cargado 115 mm de agua útil a 140 cm de profundidad). Las precipitaciones fueron limitadas, sólo en la primera decena de octubre superaron a la evapotranspiración potencial (Figura 1). El suelo del experimento contaba con bajos niveles de N y P al momento de la siembra. (Tabla 2).

Tabla 2: Datos de suelo al momento de la siembra

Profundidad	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos 0-20, 20-40, 40-60 cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-60 cm
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
0-20 cm	6,0	3,86	7,8	3,3-1,0	12,1	47,8
Profundidad	K	Ca	Mg			
cm	ppm	ppm	ppm			
0-20 cm	844	2038	289			

La cosecha se realizó con una cosechadora experimental de parcelas, diseñada para trigo, debiendo ser limpiada la muestra por la gran cantidad de tierra que ingresa con la muestra de grano.

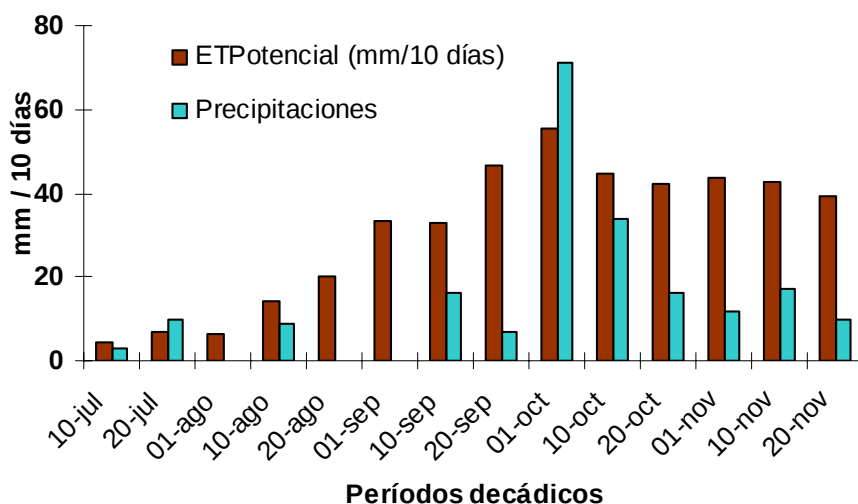


Figura 1: Evapotranspiración potencial y precipitaciones decádicas en Pergamino durante el período invernal 2011. Agua útil inicial 115 mm (0-140 cm). Precipitaciones en el ciclo 205 mm.

1. Experimentos para evaluar: Tolerancia a fertilizantes en línea de siembra.

La expansión de un cultivo, como están registrando las legumbres en la actualidad, lleva a la necesidad de responder interrogantes básicos sobre su manejo. Dado el estado actual de fertilidad de los suelos, una de las primeras inquietudes reside en la tolerancia a la incorporación de fertilizantes junto a la semilla. La arveja es una leguminosa, y por analogía se tiene en cuenta la alta sensibilidad de la soja a los fertilizantes en línea, no sólo por su efecto sobre la implantación, sino también del proceso infectivo de las bacterias fijadoras de N. Sin embargo, la arveja se siembra en hileras más angostas, a una densidad mayor, y con temperaturas de suelo y aire que retardan procesos químicos nocivos para la semilla i.e. producción de amoníaco desde fuentes que contengan N. Intuitivamente, se supone que las legumbres toleran menores dosis que gramíneas de invierno, pero no existen experiencias que lo hayan evaluado de manera comparativa. Por este motivo, se condujo un experimento

tendiente a comparar la tolerancia a una isodosis de fósforo (P) en tres especies invernales, trigo, cebada y arveja. El experimento fue conducido en un diseño con cuatro repeticiones, en la EEA INTA Pergamino. Las parcelas de trigo y cebada se encontraban adyacentes y aleatorizadas en un mismo sitio experimental. En cambio, por conducción, susceptibilidad a herbicidas y época de siembra, las de arveja se implantaron en un lote cercano. En los tres cultivos se evaluaron las dosis de 0, 10, 20 y 30 kgP ha⁻¹, utilizando como fuente superfosfato triple de calcio (0-20-0). Semilla y fertilizante fueron localizados con una sembradora experimental que distancia las hileras a 0,20 m, por tubos separados pero siendo ubicados en forma adyacente en el surco.

El número de plantas emergidas se presenta en la Figura 2.a, mientras que la emergencia relativa al testigo sin fertilizante se visualiza en la Figura 2.b.

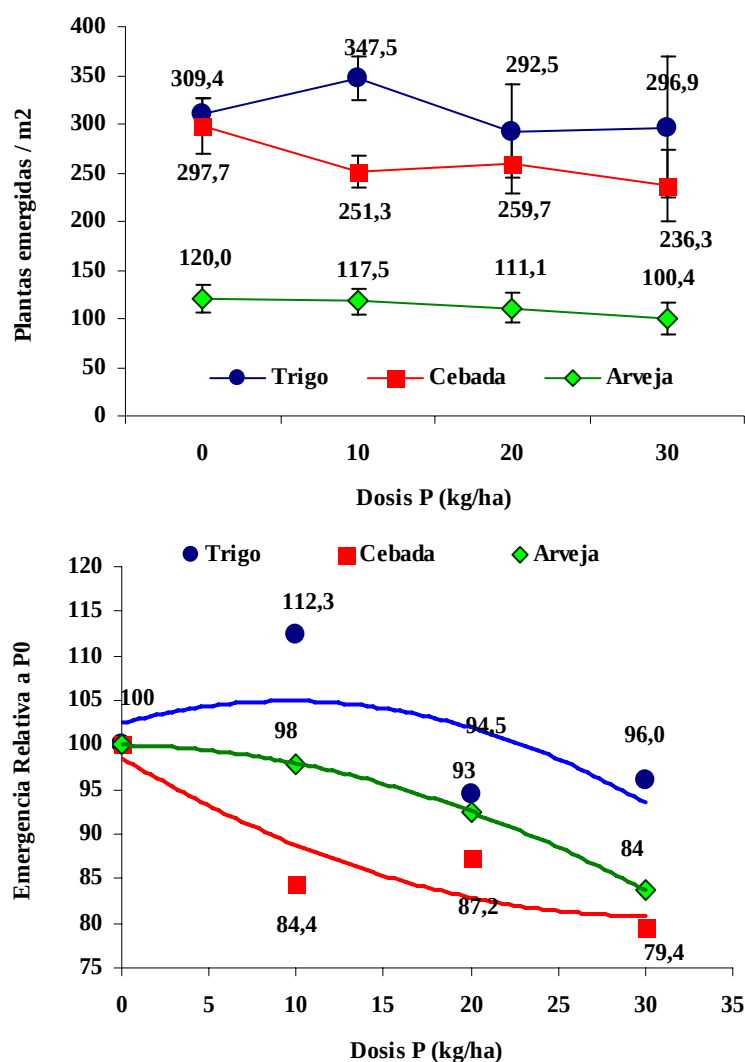


Figura 2: Número de plantas emergidas (2.a) y emergencia relativa con comparación al testigo (Testigo=100) según dosis crecientes de P aplicado en línea de siembra de tres especies invernales.

Resulta llamativa la sensibilidad de la cebada cervecera, en término relativo mayor a la de arveja, y más aún en comparación con el trigo. La legumbre mostró buena tolerancia hasta la dosis de 10 kgP ha⁻¹ (SPT 50), pero una disminución tangible con 20 kgP ha⁻¹, que tendió a hacerse exponencial en la dosis máxima. Los valores presentados constituyen una primera aproximación sobre el tema, y no deben tomarse como una tendencia definitiva sino que deberán validarse a través de nuevas experiencias. La comparación entre especies resulta sorprendente, es probable que en otras investigaciones la cebada muestre mayor tolerancia.

La reducción en el número de plantas fue compensada por las parcelas fertilizadas. Para los tres cultivos, se observó un comportamiento de tipo lineal-plateau: fuerte incremento en los rendimientos en la dosis mínima, para luego estabilizarse. Los diferentes cultivos utilizaron distintos mecanismos de compensación para paliar la caída en el stand de plantas (datos no presentados). El trigo incrementó el número de macollos viables y el número de granos por espiga, especialmente a través de mayor número de espiguillas por espiga. La cebada apeló a su principal sub-componente de rendimiento: aumentó el número de macollos viables por planta emergida. La arveja por su parte, ante el agregado de dosis crecientes de P acrecentó la materia seca por planta y el número de vainas por planta, sin modificar los granos por vaina. Entre los componentes principales, los tres cultivos aumentaron el número de granos m⁻². En cambio, el peso de los granos se vio poco afectado.

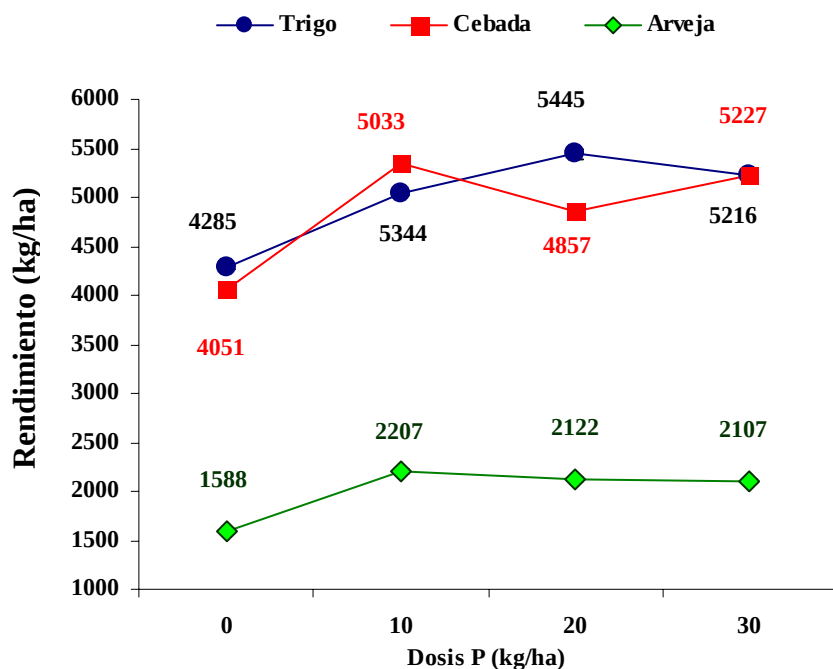


Figura 3: Rendimiento de grano de tres especies invernales según dosis de P aplicado en la línea de siembra. Pergamino, campaña 2011/12. Las barras de error no son presentadas para facilitar la visualización de los datos.

2. Experimentos para evaluar: Efectos del fósforo, azufre y boro en el cultivo de arveja.

Se condujo un experimento donde se evaluó la respuesta a la aplicación de P y S a la siembra, y boro (B) en el estado de floración. Las fuentes utilizadas fueron Superfosfato triple (0-20-0), Tiosulfato de amonio (12-0-0-S26) y FoliarSolB (20 -1-0-B1,1). Las dosis aplicadas fueron 10 y 20 kgP, 15 kgS y 0,12 kg B ha⁻¹.

Tabla 3: Plantas emergidas, Intensidad de verde por Spad, vigor de planta, nódulos por planta y rendimiento de grano de arveja. Inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* y Micorrizas bajo tres niveles de fertilización fosforada. Pergamino, campaña 2011/12.

Trat	Fertilización	pl/m ²	Spad	Vigor	Nódulos /planta	Rendimiento (kg/ha)	Dif con testigo (kg/ha)
T1	T	130	47,3	3,0	>20	1630,8	0,0
T2	SPT 50	112	48,8	3,8	>20	1545,5	280,8
T3	SPT 50 + S15	125	47,5	4,0	>20	2168,5	635,6
T4	SPT 50 + S15 + B	120	47,4	3,8	>20	2244,5	500,8
T5	SPT 100	100	49,3	3,8	>20	2021,3	979,8
T6	SPT 100 + S15	125	49,8	3,9	>20	2222,5	872,3
T7	SPT 100 + S15 + B	130	47,2	3,9	>20	2244,5	1013,0

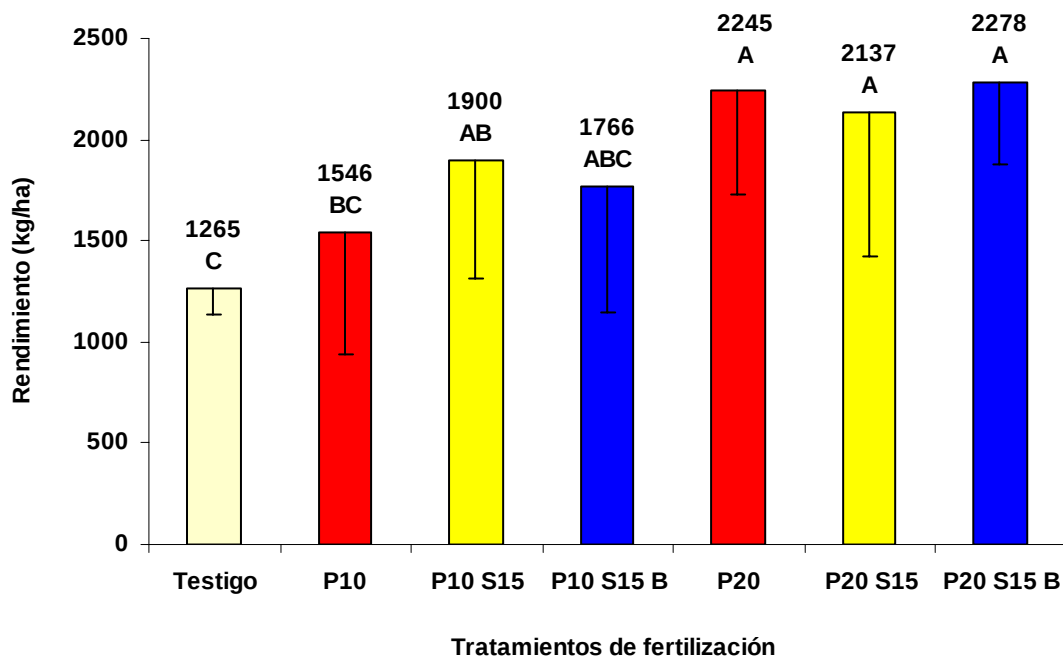


Figura 4: Rendimiento de grano de arveja (kg ha⁻¹) como resultado de la aplicación de fósforo (P) y azufre (S) al suelo a la siembra, y boro (B) foliar en floración. Pergamino, campaña 2011/12. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0,05$). Las barras de error representan la desviación estándar de la media.

Entre las variables intermedias relevadas, el crecimiento, cobertura y vigor de planta fueron las más sensibles al efecto P, disminuyendo considerablemente en ausencia de fertilización (Tabla 3). En cambio, no se observó un efecto sobre la fenología (retraso en el ciclo) como suele ocurrir en otros cultivos i.e. cebada, ni en la nodulación, lo cual es frecuente en soja.

Se determinó un incremento de rendimiento considerable por la aplicación de 10 kgP/ha, siendo significativo con relación al testigo cuando se agregó también S (Figura 4). El agregado de B foliar no afectó el rendimiento. Además, se verificó efecto de dosis de P, incrementando los rendimientos al pasar de 10 a 20 kgP/ha. Para esta última dosis, S y B no modificaron los rendimientos (Figura 4).

3. Experimentos para evaluar: Nutrición Nitrogenada. Respuesta al uso de inoculantes. Ensayo 1

La capacidad de fijación de nitrógeno por parte de la arveja suele ser muy alta. Se han medido aportes de hasta 185 kg/ha por esta vía (Rennie and Dubetz, 1986). Las bacterias fijadoras de N en arveja pertenecen a la especie *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, las cuales son infectivas también de lenteja y vicia. Forman una gran cantidad de nódulos de tamaño pequeño, muy activos. Mientras en soja se considera que el 50 % del N fijado proviene de la FBN, en arveja este porcentaje sería superior.

En general las respuestas a la inoculación en suelos con historia de legumbres, pueden alcanzar hasta 400 kg/ha. En cambio en suelos sin antecedentes de legumbres en el corto plazo, esas diferencias pueden incrementarse. El uso de fuentes químicas nitrogenadas, como suele suceder en soja, tiene impacto escaso o nulo sobre los rendimientos, como comprobaron Martínez y Cordone (com pers.) en la zona de Casilda.

En un primer experimento, se evaluó la respuesta a un inoculante conteniendo Rizobium + Micorrizas (Tabla 4), combinado con niveles de fertilización fosforada, usando como fertilizante superfosfato triple de calcio (SPT): 0 (SPT 0), 10 (SPT 50) y 20 (SPT 100).

El principal efecto fue el de P, el cual fue estadísticamente significativo ($p=0,003$). En ausencia de P, las plantas disminuyeron su crecimiento y cobertura, alcanzaron menor vigor, y rendimientos sensiblemente más bajos. A su vez, los rendimientos incrementaron su variabilidad (Figura 5). La respuesta media al agregado de 10 kgP fue de 618 kgP/ha, en cambio, no se obtuvo respuesta al pasar de 10 a 20 kgP.

La respuesta media a la inoculación fue 64 kg ha^{-1} , no siendo significativa ($p>0,10$). Es curiosa esta limitada diferencia cuando el testigo no estaba nodulado y el nivel de N-nitratos inicial fue muy bajo. Dicha respuesta fue aumentando conforme lo hacía la dosis de P, siendo de 201 kg ha^{-1} con 20 kgP. Es decir, si bien no se determinó interacción significativa Fertilización con P x Inoculación ($p>0,10$), es evidente un efecto de complementariedad entre ambas prácticas. La FBN podría haber sido limitada por ausencia de P? Esta es una hipótesis de trabajo que deberá corroborarse en próximas investigaciones.

Tabla 4: Plantas emergidas, Intensidad de verde por Spad, vigor de planta, nódulos por planta y rendimiento de grano de arveja. Inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* y Micorrizas bajo tres niveles de fertilización fosforada. Pergamino, campaña 2011/12.

Trat	Dosis P (kg/ha)	Inoculante	pl/m ²	Spad	Vigor	Nodos/planta	Rendimiento (kg/ha)
T1	0	T	110	45,1	2,8	0	1630,8
T2	0	R + Micorrizas	130	47,3	3,0	>20	1545,5
T3	10	T	115	50,6	3,5	0	2168,5
T4	10	R + Micorrizas	113	49,3	3,8	>20	2244,5
T5	20	T	120	47,2	3,9	0	2021,3
T6	20	R + Micorrizas	115	49,7	3,6	>20	2222,5

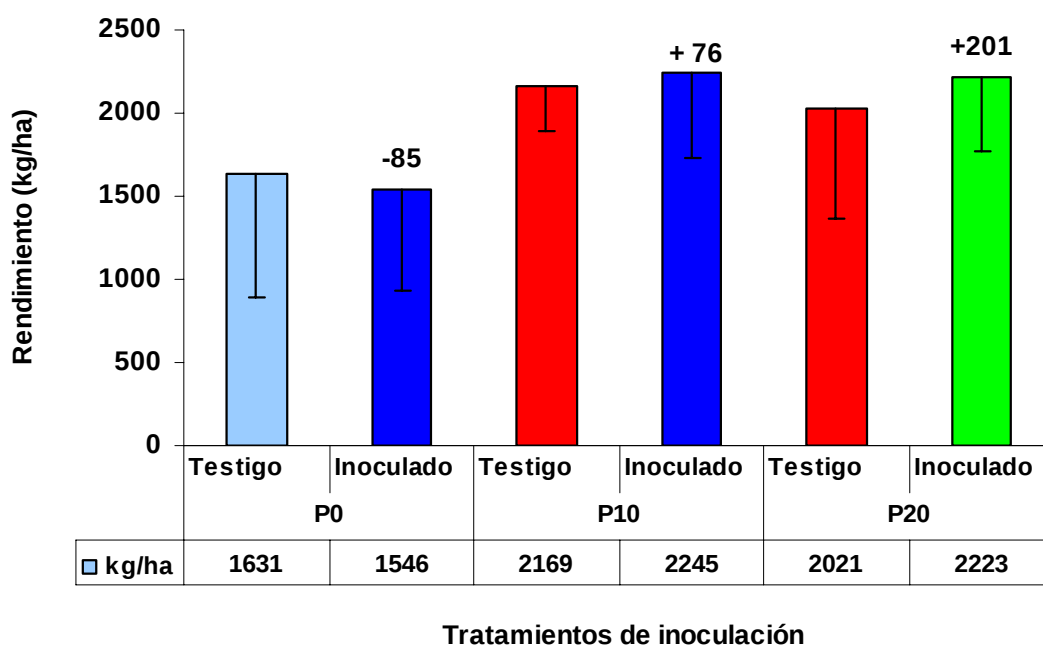


Figura 5: Rendimiento de arveja según tratamiento de inoculación y fertilización fosforada. Pergamino, campaña 2011/12.

4. Nutrición Nitrogenada. Respuesta al uso de inoculantes convencionales y con promotores de crecimiento vegetal. Ensayo 2.

En un segundo experimento, se evaluó la respuesta a un inoculante convencional, o al conjunto de este inoculante con micorrizas (las cuales son diferentes de las evaluadas en el ensayo 1). El ensayo se condujo en un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Todas las parcelas fueron fertilizadas con 20 kgP ha⁻¹ (SPT 100).

Tabla 5: Plantas emergidas, Intensidad de verde por Spad, vigor de planta, nódulos por planta y rendimiento de grano de arveja. Inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae y Micorrizas. Pergamino, campaña 2011/12.

Trat	Inoculante	pl/m2	Spad	Vigor	Nodulos/planta	Rendimiento
T1	Testigo	115,0	49,7	3,6	0	2047,5
T2	<i>Rizobium leguminosarum</i>	112,5	48,8	3,8	>20	2045,5
T3	RI + Micorrizas	112,5	47,4	4,0	>20	2209,3

Las diferencias obtenidas en los rendimientos no fueron significativas ($p>0,10$). Como sucediera en otros experimentos, el CV fue elevado (18,7%). Esto puede deberse a la natural desuniformidad del cultivo y su baja capacidad compensatoria a diversos factores y estreses, así como también a las dificultades propias de su cosecha. El uso de un inoculante tradicional a base de *Rhizobium* no incrementó los rendimientos, aún cuando el testigo no noduló y el nivel de N-nitratos inicial fue muy bajo. Es evidente un aporte de N significativo a partir de la mineralización de la materia orgánica del suelo. El sitio experimental contaba con un barbecho largo y poca historia agrícola, lo cual explicaría estos aportes.

Los promotores de crecimiento vegetal (PGPM) han mostrado buenos resultados en cultivos de porte pequeño y lento crecimiento inicial, como cebada o maíz pop. Esta experiencia repite aquellos resultados, con incrementos del orden de los 160 kg ha⁻¹, representando un 8 % (Figura 6). Dentro de los factores que explican la respuesta, la inoculación, especialmente con la incorporación de las micorrizas, aumentó el crecimiento y vigor de la planta (Tabla 5).

Falta generar información sobre los factores que hacen eficiente la inoculación en legumbres, los cuales en general se extrapolan desde otros cultivos más estudiados, como soja o alfalfa, pero que no necesariamente deberían tener una correlación directa. Se demuestra desde esta y otras experiencias de esta campaña, que la provisión de P -vía química y biológica – es muy importante.

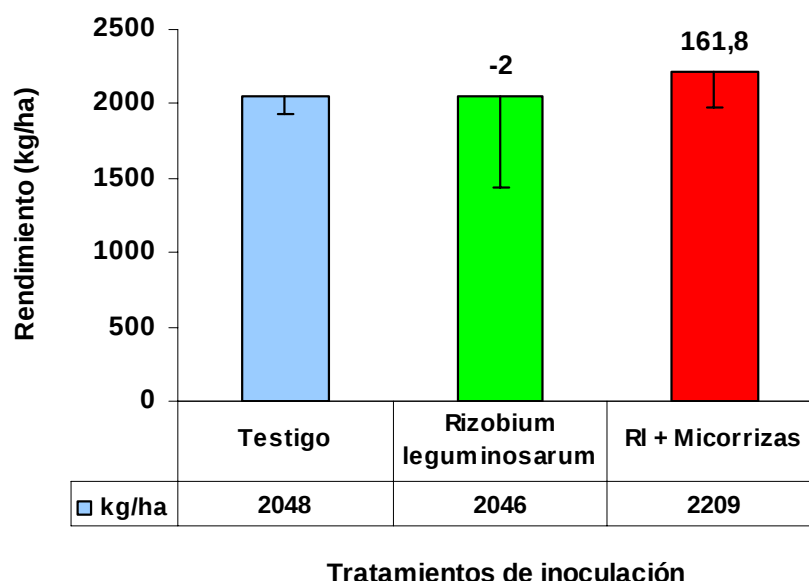


Figura 6: Rendimiento de arveja según tratamiento de inoculación y uso de promotores de crecimiento. Pergamino, campaña 2011/12. Las cifras sobre las columnas indican la diferencia absoluta sobre el testigo.

Consideraciones finales

La respuesta de la arveja a la mejora tecnológica en ocasiones es cuestionada. Esto tiene que ver con su sensibilidad a inclemencias ambientales –heladas, excesos hídricos-, y el escaso conocimiento de algunos factores limitantes del rendimiento. Sin embargo, estas experiencias demostraron que es un cultivo con buen potencial de respuesta a la mejora nutricional, cuando algún elemento se encuentra por debajo del nivel de suficiencia.

En todos los experimentos, el coeficiente de variación para rendimiento fue elevado (rango 16,5-20,8 %). Más allá de la variabilidad natural que puede presentar el cultivo, sin dudas que es muy importante aumentar el conocimiento sobre su conducción y cosecha. Para nuestro grupo de trabajo, este primer año constituye una aproximación al cultivo. Las tendencias observadas deberán ratificarse o modificarse en años venideros.