

**Inoculación en Arveja (*Pisum sativum*) con bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM)**

Tesina del alumno

**MARTÍN PRINCIPIANO**

Este trabajo ha sido presentado como requisito para la  
obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Ing. Agr. Gustavo Gonzalez Anta**

**Director**

**Carrera: Ingeniería Agronómica**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales**

**Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

**Pergamino, 18 de Noviembre de 2013**

**Inoculación en Arveja (*Pisum sativum*) con bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM)**

Tesina del alumno

**MARTÍN PRINCIPIANO**

Aprobada por el Tribunal Evaluador de Tesina

.....  
Ing. Agr. (MSc)  
Gustavo N.  
Ferraris

Ing. Agr.  
Carlos  
Senigagliesi

Lic. Ricardo  
García

.....  
Ing. Agr. Gustavo Gonzalez Anta

Director

Carrera: Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

ECANA, 18 de Noviembre de 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

A Gustavo Gonzalez Anta (Ing.Agr.) por sus valiosos aportes en la dirección de la tesis.

A Gabriel Prietto (Ing.Agr.) por darme el espacio, tiempo y experiencia para la realización del trabajo de tesis.

A la empresa Rizobacter Argentina S.A. por su aporte económico para subsidiar parte de esta tesis.

A todas aquellas personas, que de una u otra manera, colaboraron en la realización del trabajo final de tesis.

## **DEDICATORIA**

**A mi familia, por el apoyo permanente e incondicional.**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
Características de la Especie.....	3
Origen y Situación .....	3
Características de la Planta y Fenología .....	3
Generación del Rendimiento .....	4
Nutrición .....	4
Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal.....	5
Pseudomonas fluorescens .....	6
Azospirillum brasilense.....	7
OBJETIVO GENERAL .....	9
OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	9
HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	9
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
SÍTIOS .....	10
TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
FASE A CAMPO.....	10
Manejo del Ensayo .....	12
Determinaciones.....	13
FASE EN CÁMARA DE CRECIMIENTO .....	15
Manejo del Ensayo .....	15
Determinaciones.....	16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	16
RESULTADOS.....	18
FASE A CAMPO.....	18
Condiciones Ambientales durante el Ciclo del Cultivo .....	18
Análisis de las Características Químicas del Suelo .....	23
Análisis Microbiológico del Suelo.....	24
N° de plantas/m <sup>2</sup> , Vigor, Producción de Materia, Rendimiento y sus Componentes .....	24
FASE EN CÁMARA DE CRECIMIENTO.....	31
SUSTRATO: Suelo de Alpachiri.....	31
Nodulación: Número y peso de nódulos en raíz primaria y raíces secundarias. Peso seco parte aérea y parte radicular .....	31
DISCUSIÓN.....	36

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>43</b>
<b>GALERÍA FOTOGRÁFICA</b> .....	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo de Arveja.....	18
Figura 2: Precipitación mensual durante el ciclo del cultivo de Arveja.....	19
Figura 3: Evapotranspiración durante el ciclo del cultivo de Arveja .....	19
Figura 4: Precipitaciones, Evapotranspiración y Balance Hídrico durante el ciclo del cultivo de Arveja .....	20
Figura 5: Temperatura media mensual durante el ciclo del cultivo de Arveja .....	21
Figura 6: Temperatura media mensual y Radiación Incidente durante el ciclo del cultivo de Arveja.....	21
Figura 7: Coeficiente Fototermal (Q) durante los dos años previos a la realización del ensayo y el año de realización del mismo (2012) .....	22
Figura 8: Número de plantas logradas por metro cuadrado (plantas/m <sup>2</sup> ) en función de los tratamientos evaluados a campo .....	25
Figura 9: Producción de materia seca en floración (kg/ha) en función de los tratamientos evaluados a campo.....	26
Figura 10: Número de Granos por metro cuadrado (NG/m <sup>2</sup> ) en función de los tratamientos evaluados a campo .....	27
Figura 11: Diferencia de rendimiento respecto a los tratamientos sin PGPM, expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha), diferenciando entre tratamientos fertilizados con fósforo y no fertilizados con dicho nutriente .....	28
Figura 12: Rendimiento en Grano por unidad de superficie (kg/ha) del cultivo de Arveja en función de los tratamientos evaluados a campo .....	29
Figura 13: Relación entre el rendimiento (kg/ha) y el número de granos (NG) .....	30
Figura 14: Relación entre el rendimiento (kg/ha) y el peso de mil granos (P1000).....	30
Figura 15: Relación entre el rendimiento (kg/ha) y la materia seca en floración (kg/ha) .	31

<b>Figura 16: Número de nódulos en raíz primaria y en raíces secundarias en función de los tratamientos evaluados usando como sustrato suelo de alpachiri .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 17: Peso de nódulos en raíz primaria y en raíces secundarias en función de los tratamientos evaluados usando como sustrato suelo de alpachiri .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 18: Peso seco de parte aérea y parte radicular en función de los tratamientos evaluados usando como sustrato suelo de alpachiri.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 19: Suma de Peso seco de parte aérea y parte radicular en función de los tratamientos evaluados usando como sustrato suelo de alpachiri .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20 Porcentaje de diferencia respecto al testigo sin microorganismos promotores del crecimiento vegetal, de la suma de peso seco (gramos) de la parte radicular y parte aérea .....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1: Tratamientos evaluados a campo.....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 2: Productos y dosis utilizados en el ensayo a campo.....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 3: Descripción agronómica del ensayo .....</b>	<b>12</b>
<b>Cuadro 4: Descripción general de las aplicaciones para el control de las adversidades</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 5: Escala utilizada para la evaluación del vigor.....</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 6: Descripción de los tratamientos evaluados en cámara de crecimiento .....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 7: Radiación (<math>Mj/m^2.día</math>), Temperatura (<math>^{\circ}C</math>) y Cociente Fototermal (Q) (<math>Mj/m^2.día.^{\circ}C</math>), para el período comprendido entre el 1 de Septiembre y el 1 de Noviembre .....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 8: Significancia estadística de las variables estudiadas en el ensayo .....</b>	<b>24</b>

## RESUMEN

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM)<sup>1</sup> han mostrado numerosos efectos favorables sobre los cultivos, que se manifiestan en variables relacionadas con su crecimiento y estado nutricional, permitiendo aumentar los rendimientos. Esto ha posibilitado su reciente difusión en planteos extensivos, donde la superficie tratada se incrementa año tras año. Sin embargo, existe escasa información acerca de la respuesta de especies alternativas, de creciente difusión en las últimas campañas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum*) a la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno y PGPM. En condiciones experimentales a campo y en cámara de crecimiento en condiciones controladas se evaluó la respuesta a *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*, solos y en forma combinada, con y sin fertilización fosforada. La fase a campo del ensayo se estableció en la localidad de Rueda en el Sur de la Provincia de Santa Fe. Las condiciones de manejo del cultivo, análisis químico y microbiológico de suelo, e información climática fueron recogidas como base de información. En floración se determinó la producción de materia seca. En madurez del cultivo, rendimiento de grano y componentes. La fase en cámara de crecimiento se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Rizobacter Argentina S.A. En dicha fase se evaluaron parámetros de nodulación (número y peso de nódulos), así como peso seco de la parte aérea y radicular. Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el análisis de varianza y modelos de regresión. El rendimiento de arveja estuvo fuertemente asociado al número de granos producidos por unidad de área ( $R^2 = 0,97$ ). El número de plantas por unidad de superficie, vigor, materia seca, número de granos y rendimiento (kg/ha) aumentaron de forma significativa con el agregado de fósforo ( $P < 0,10$ ). En cambio no se observaron diferencias significativas en el peso de mil granos ( $P_{1000}$ ) por el agregado de este elemento ( $P > 0,10$ ). El número de plantas por unidad de superficie y la materia seca a floración respondieron de forma significativa a la inoculación con PGPM ( $P < 0,10$ ). Se pudo observar una clara

---

<sup>1</sup> Plant Growth Promoting Microorganism

tendencia positiva a la combinación de ambas tecnologías en las demás variables analizadas a excepción del peso de mil granos. En dicha variable no se obtuvieron diferencia entre tratamientos y no se pudo verificar una tendencia al menos clara. En cámara de crecimiento se observó un incremento significativo en el número de nódulos en la raíz principal, producto de la combinación de los dos promotores de crecimiento evaluados ( $P < 0,10$ ). En cuanto al peso seco de la parte aérea y parte radicular de las plantas, si bien no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ), hay una clara tendencia positiva a la inoculación con ambos PGPM.

## INTRODUCCIÓN

### CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

#### ORIGEN Y SITUACIÓN

Las referencias de la Arveja (*Pisum sativum*) datan de 10.000 años AC. Hacia el año 500 AC, fue introducida ya como cultivo en Europa, desde Asia, por los Romanos y Griegos.

Los principales productores de arveja son Canadá, Francia, China y Rusia, con una producción de 3.1, 1.3, 1.3 y 1 millón de toneladas respectivamente<sup>2</sup>. A nivel nacional la zona productora se expandió en los últimos años, producto de la activa demanda externa pero afectada por los vaivenes climáticos. El área sembrada en la campaña 2011/12 alcanzó las 140.000 hectáreas y el volumen de exportación fue de 131.904 toneladas frente a las 85.089 toneladas correspondientes al año 2012<sup>3</sup>.

La arveja, junto con lenteja, constituye una alternativa a los cultivos de invierno como trigo, avena, lino, colza o cebada. Datos de la campaña 2009/2010 en los departamentos de Constitución y Rosario de la AER Arroyo Seco, indican que de todo lo sembrado en invierno, el 36 % es arveja, el 21 % es lenteja y el 39 % es trigo, quedando un 4 % para otros cultivos como cebada, colza y verdes de avena<sup>4</sup>.

En la campaña 2012/13, sólo en los departamentos de Constitución y Rosario de la AER INTA Arroyo Seco se cultivaron 37.500 has de Arveja<sup>5</sup>.

### CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA Y FENOLOGÍA

La arveja (*Pisum sativum*) es una especie de la familia de las Fabáceas (leguminosas), 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

---

<sup>2</sup> FAO

<sup>3</sup> SAGPyA

<sup>4</sup> Prieto y Vita, 2009 y 2010

<sup>5</sup> Prieto, G. Simposio de Fertilidad, 2013

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<sup>6</sup>.

Para la descripción de las diferentes etapas de desarrollo se utilizó la escala sugerida por Knott<sup>7</sup>, en la que se definen los cuatro estados principales: emergencia, crecimiento vegetativo, reproductivo y senescencia (*Detalle de la escala sugerida por Knott en el ANEXO 1*).

## **GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO**

El período crítico por excelencia de la arveja se ubica desde el cuajado de las vainas hasta mediado de llenado de los granos, donde se define el número final de semillas por unidad de superficie<sup>8</sup>. El número de granos por unidad de superficie explica el 95 % del rendimiento<sup>9</sup>.

## **NUTRICIÓN**

Las necesidades nutritivas del cultivo de Arveja son descritas en el ANEXO 2. Al ser una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno, siguiéndole en importancia cuantitativa el potasio, luego el magnesio y en menor medida fósforo y azufre.

### ***Nitrógeno***

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<sup>10</sup>.

En experiencias realizadas en AFA Salto Grande (Buenos Aires), la inoculación permitió duplicar el rendimiento de arveja en suelos sin antecedentes de este cultivo.

En general las respuestas a la inoculación en suelos con historia de legumbres, se ubican en un rango que puede alcanzar hasta los 400 kg/ha<sup>11</sup>.

---

<sup>6</sup> Prieto y Antonelli 2008, datos no publicados

<sup>7</sup> Knott, 1987.

<sup>8</sup> Meadley, J.T. and Milbourn, G.M. 1971

<sup>9</sup> Comunicación Personal, Gabriel Prieto, AER INTA Arroyo Seco

<sup>10</sup> Rennie and Dubetz, 1986

<sup>11</sup> Comunicación Personal, Gabriel Prieto, AER INTA Arroyo Seco

## **Fósforo**

En la EEA INTA San Pedro se realizaron los primeros trabajos de fertilización de arveja, donde los autores recomiendan fertilizar con niveles de fósforo extraído por Bray y Kurtz I, menores a 15 ppm<sup>12</sup>.

## **Azufre**

Las necesidades de azufre son de 2 kilogramos para producir una tonelada de grano, bastante menor que lo requerido por soja. En general, no se hallaron respuestas al agregado de S en suelos donde se está fertilizando otros cultivos con este nutriente<sup>13</sup>.

## **PROMOTORES BIOLÓGICOS DEL CRECIMIENTO**

Los PGPM, son microorganismos cultivables que se encuentran naturalmente en el suelo, pudiendo determinarse en laboratorio las propiedades benéficas en el crecimiento de las plantas, además de ser posible la realización de inoculantes en base a ellos. Entre los microorganismos investigados, por resultar beneficiosos a los cultivos, se citan más frecuentemente los hongos de especies de *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Glomus*, *Cladorrhium* y *Coniothirium*<sup>14</sup> y, entre las bacterias, los géneros más estudiados en sus capacidades de promover el crecimiento de las plantas son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Pseudomonas*<sup>15</sup>. En nuestro país existen inoculantes comerciales basados en *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens* y sus combinaciones.

Si bien los efectos favorables sobre las plantas cultivadas son muy diversos, estos podrían agruparse en: i) estímulo o promoción de crecimiento vegetal propiamente dicho; ii) efectos de biocontrol y tolerancia a patógenos; iii) fijación no simbiótica de nitrógeno (N) y iv) solubilización de nutrientes e incremento de la eficiencia de uso de fertilizantes.

---

<sup>12</sup> INTA, 1987. Prietto, G. y Salvagiotti, 2010.

<sup>13</sup> Gabriel Prietto, 2013.

<sup>14</sup> Monte Vázquez y Col., 1998.

<sup>15</sup> Caballero-Melado & Fuentes-Ramirez, 2005.

## ***Pseudomonas fluorescens***

Las *Pseudomonas* son un amplio género bacteriano, en el cual se encuentran especies con potencialidad para ser considerados PGPM. Han sido utilizadas con fines agronómicos en nuestro país *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas chlororaphis*, en ese orden de importancia. Los efectos atribuidos a este grupo bacteriano pueden resumirse en una acción de biocontrol y la solubilización de nutrientes. La capacidad de ser agentes de biocontrol<sup>16</sup>, se produce a través de la producción de antibióticos (pirrolnitrina, pioluteorina), la inducción de resistencia sistémica en la planta y el agotamiento de elementos esenciales para el crecimiento de hongos y bacterias patogénicas. Las *Pseudomonas* producen sideróforos, agentes orgánicos que actúan como quelantes de cationes esenciales para la mayoría de las bacterias que pueden actuar como patogénicas. Otro de los efectos favorables residiría en la producción de fitohormonas como auxinas y giberelinas, a la vez que se reducirían niveles de etileno producido ante situaciones de estrés moderado, especialmente estrés hídrico. Las *Pseudomonas* contienen la enzima 1 – Aminoácido – 1 carboxilato deaminasa (ACC), que hidroliza, entre otros al precursor inmediato de la hormona de etileno que al acumularse en la raíces inhibe el crecimiento de la planta. El ACC hidroliza este precursor en alfa-cetobutirato y amonio, que es utilizado por las bacterias como fuente de nitrógeno.

Por último, a las *Pseudomonas* se les atribuye la capacidad de producir enzimas fosfatasas, ácidos orgánicos (ácido glucónico, cítrico) e inorgánicos (ácido sulfhídrico, nítrico, carbónico) que por medio de la rotura de enlaces y acidificación del medio, incrementarían la recuperación del fósforo nativo del suelo y la adquisición del aportado por fertilización. Su aplicación muestra también efectos positivos de interacción con otros microorganismos del suelo tales como las micorrizas.<sup>17</sup> Los microorganismos presentes en la rizósfera, identificados como PGPM, producen compuestos que

---

<sup>16</sup> Hass y Défago, 2005

<sup>17</sup> Vosatka y Gryndler, 1999

incrementan la tasa de exudación radical, lo cual estimula el crecimiento de los hongos micorrízicos<sup>18</sup>.

Estudios en Argentina con tratamientos con *Pseudomonas sp.* en condiciones extensivas de producción de maíz mostraron efectos positivos sobre los rendimientos de entre 398 y 923 kg/ha, equivalentes a aumentos sobre el control sin tratamiento de entre 3 y 9%, respectivamente<sup>19</sup>

### ***Azospirillum brasilense***

Es uno de los PGPM más estudiados en gramíneas, reportándose las primeras experiencias hace más de treinta años.<sup>20</sup> En la actualidad, han sido identificadas 12 especies de *Azospirillum spp.*, aunque en la producción de inoculantes comerciales se han utilizado *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*, siendo la primera la más común a nivel mundial y la más difundida en Argentina.<sup>21</sup>

Antecedentes muestran efectos en la fijación libre de nitrógeno atmosférico, la producción y liberación de hormonas promotoras del crecimiento vegetal (auxinas, giberelinas, citoquininas), y de enzimas tales como las pectinolíticas, distorsionando la funcionalidad de las células de las raíces y el aumento de la producción de exudados.<sup>22</sup> De manera indirecta, la inoculación con *Azospirillum sp.* podría promover la proliferación y establecimiento en la rizósfera de otros microorganismos favorables para el cultivo.<sup>23</sup> Evaluaciones en sistemas de producción de México mostraron efectos favorables sobre el crecimiento y rendimientos de maíz en seco, fundamentalmente con niveles moderados de utilización tecnológica sobre suelos arenosos. En Argentina, estudios desarrollados por INTA en 9 de Julio y en Pergamino (Buenos Aires, Argentina) también mostraron efectos positivos de la aplicación de *Azospirillum* en la siembra de cultivos de maíz con diferentes niveles de

---

<sup>18</sup> Barea et al, 2005

<sup>19</sup> Díaz Zorita, Promotores Biológicos de Crecimiento en el Cultivo de Maíz

<sup>20</sup> Dobereiner et al, 1977

<sup>21</sup> Puente y Perticari, 2006

<sup>22</sup> Okon y Labandera-Gonzalez, 1994

<sup>23</sup> Russo et al. 2005

fertilización nitrogenada. Evaluaciones en 87 lotes de producción manteniendo las prácticas tecnológicas de productores de la región pampeana corroboran los beneficios de este tratamiento sobre los rendimientos de maíz lográndose con la formulación empleada mejoras de unos 450 kg/ha de producción de grano equivalentes a aumentos del 5,4% de los rendimientos sobre el control sin tratar. En estos estudios se observaron mejoras en la tasa de crecimiento inicial de los cultivos y las respuestas fueron independientes de la práctica de fertilización empleada.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> *Díaz-Zorita et al. 2004*

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de los PGPM como acompañantes de bacterias fijadoras de nitrógeno sobre el rendimiento del cultivo de arveja.

## **OBJETIVOS SECUNDARIOS**

1-Cuantificar el efecto sobre la nodulación y el rendimiento de tratamientos microbianos de última generación, integrando bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM), en comparación con tratamientos testigos no inoculados;

2-Estudiar la interacción con otras prácticas de manejo como la fertilización fosforada.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

1- Nuevos tratamientos de inoculación que incluyen microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM) permiten lograr efectos aditivos a la fijación biológica de nitrógeno, impactando en la tasa de crecimiento y, como consecuencia en los rendimientos;

2- La fertilización con fósforo (P) favorece la tasa de crecimiento y respuesta en rendimiento del cultivo generando interacciones positivas entre tecnologías.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### SÍTIOS

El presente trabajo se desarrolló en dos etapas, una a campo y otra en condiciones controladas en cámara de crecimiento.

La primera parte del ensayo, realizada en condiciones experimentales de campo, se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2012/2013 en un lote del Sur de la Provincia de Santa Fe, (33°21'44,05"S; 60°27'49,40"O) en la localidad de Rueda sobre un suelo Argiudol vértico, Serie Peyrano, de textura franco-limosa con un 22% de arcilla, 68% de limo y 10% de arena. La segunda parte del mismo, en cámara de crecimiento en condiciones controladas, se realizó en las instalaciones de la empresa Rizobacter Argentina S.A. situada en la ciudad de Pergamino, provincia de Buenos Aires.

### TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

#### FASE A CAMPO

En esta fase del ensayo se evaluó un inoculante a base de *Rhizobium leguminosarium* *bv. viciae* sólo y en combinación con promotores de crecimiento vegetal a base de *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense* con y sin fertilización fosforada.

El experimento se condujo con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, cuatro tratamientos de inoculación con PGPM (*Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, combinación *Azospirillum brasilense*-*Pseudomonas fluorescens* y testigo), y dos tratamientos de fertilización (con y sin fertilización), conformando un factorial 2 x 4. En todos los tratamientos las semillas fueron acompañadas con protector bacteriano y fungicida. A partir de la combinación de estos dos factores se originaron 8 tratamientos (Cuadro1).

**Cuadro 1:** Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo a campo.

Fertilización <sup>1</sup> (Kg/ha)	Momento de Fertilización	PGPM <sup>2</sup>
FI-0		P1: <i>Azospirillum brasilense</i> P2: <i>Pseudomonas fluorescens</i> P3: <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> P4: Sin PGPM
FII-100	Siembra	P1: <i>Azospirillum brasilense</i> P2: <i>Pseudomonas fluorescens</i> P3: <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i> P4: Sin PGPM

(1) Fuente de Fertilizante Utilizada: Superfosfato Triple de Calcio (0-20-0).

(2) Todos los tratamientos fueron inoculados con *Rhizobium leguminosarium* bv. *Viciae*.

Los inoculantes utilizados fueron líquidos pertenecientes a partidas comerciales de RILEGUM, RIZOSPIRILLUM y RIZOFOS de la empresa Rizobacter Argentina S.A. El protector bacteriano fue PREMAX de la empresa Rizobacter Argentina S.A. y el fungicida MAXIM EVOLUTION de la empresa Syngenta Agro S.A. En el siguiente cuadro se detallan las dosis utilizadas (*Detalle de los productos en el ANEXO 3*).

**Cuadro 2:** Productos y dosis utilizados en el ensayo.

Marca Comercial	Dosis
RILEGUM	200 ml/50 kg de semilla
RIZOSPIRILLUM	500 ml/100 kg de semilla
RIZOFOS	800 ml/100 kg de semilla
PROTECTOR BACTERIANO	50 ml/50 kg de semilla
MAXIM EVOLUTION	100 ml/100 kg de semilla

El fungicida MAXIM EVOLUTION fue aplicado mediante el método secuencial, es decir en forma previa (1 hora) al inoculante RILEGUM y a los PGPM. El PROTECTOR BACTERIANO, RILEGUM y los PGPM (RIZOFOS y RIZOSPIRILLUM) se aplicaron mediante el método simultáneo, es decir

todos los componentes de cada tratamiento de inoculación se mezclaron y seguidamente se trató la semilla. Después de 45 minutos de finalizado el tratamiento de semillas se efectuó la siembra.

### MANEJO DEL ENSAYO A CAMPO

El ensayo se implantó el 11 de Julio de 2012 con una sembradora de siembra directa Frankhauser de 28 hileras a 17,5 cm. El antecesor fue Trigo/Soja, y la variedad sembrada Pampa (*Características de la variedad en el ANEXO 4*). La densidad de siembra objetivo fue de 120 plantas/m<sup>2</sup>. Cuando correspondió al tratamiento, se utilizó como fuente de P (fósforo) Superfosfato Triple de Calcio (0-20-0) en dosis de 100 kg/ha, ubicado en la línea de siembra. La superficie de las unidades experimentales fue de 50 m<sup>2</sup> (2,5 m x 20 m) sin ocupar cabeceras y en áreas homogéneas del lote, sembradas y manejadas con tecnología convencional del productor.

**Cuadro 3:** Descripción agronómica del ensayo.

<b>Campo</b>	AFA
<b>Localidad</b>	Rueda
<b>Serie de Suelo</b>	Peyrano
<b>Sistema de Labranza</b>	Directa
<b>Cultivo Antecesor</b>	Trigo/Soja
<b>Fecha de Siembra</b>	11/07/2012
<b>Variedad</b>	Pampa
<b>Densidad de Siembra Objetivo</b>	120 plantas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de Siembra (kg/ha)</b>	200
<b>Poder Germinativo (%)</b>	95
<b>Pureza (%)</b>	95
<b>Eficiencia de Implantación</b>	0,86
<b>Distancia Entre Surcos</b>	17,5 cm
<b>Fecha de Cosecha</b>	14/11/2012

Todos los tratamientos fueron protegidos contra las adversidades (plagas, malezas y enfermedades) con los productos correspondientes, a dosis recomendada de marbete (Cuadro 4). El cultivo fue tratado para prevenir enfermedades fúngicas en dos oportunidades (en estado vegetativo y en plena

floración), con una mezcla de estrobirulina, carbendazim y triazol. En la segunda aplicación se controlaron pulgones con Imidacloprid al 35%.

**Cuadro 4:** Descripción general de las aplicaciones para el control de las adversidades.

Producto	Fecha de Aplicación	Marca Comercial <sup>1</sup>	Principio Activo	Dosis (cc/ha)
Herbicida	1/6	Panzer Gold	Glifosato 60,8%	2500
Herbicida	22/6	Pivot	Imazetapir 10%	500
Fungicida	12/09	Opera	Pyraclostrobin 133 g/l + Epoxiconazole 50 g/l	500
Fungicida	12/09	Carsis	Carbendazim 50%	700
Fungicida	12/09	Bogard	Difenoconazole 25%	200
Fungicida	13/10	Opera	Pyraclostrobin 133 g/l + Epoxiconazole 50 g/l	500
Fungicida	13/10	Carsis	Carbendazim 50%	500
Insecticida	13/10	Facón	Imidacloprid 35%	150

**(1) Marcas comerciales pertenecientes a diferentes empresas.**

**DETERMINACIONES**

Previo a la siembra se llevó a cabo el muestreo y análisis de suelo estratificado en las parcelas delimitadas para el ensayo. Se tomaron muestras de 0-20 cm sobre las que se determinó el contenido de nitrógeno en forma de nitratos (N-NO<sub>3</sub>) (KCl, 1M), fósforo extractable (Bray y Kurtz I), nitrógeno total (Kjeldahl), carbono y materia orgánica (MO) (Walkey Black). Las muestras se concentraron para su análisis en un único laboratorio de referencia. Se tomaron nueve muestras. Del total, tres muestras (una por bloque) fueron destinadas para análisis microbiológico y seis para análisis químico (dos por bloque). De las dos muestras por bloque para análisis químico, una correspondió a parcelas fertilizadas y otra a parcelas no fertilizadas. Las muestras correspondientes al análisis microbiológico estaban compuestas de cinco sub-muestras. Las muestras para análisis químico estaban compuestas de cuatro sub-muestras (*Los resultados del análisis químico y microbiológico se presentan en los ANEXOS 5 y 6, respectivamente*).

Se registró la fecha de siembra, fecha de emergencia y fecha de floración del cultivo. Luego de la emergencia, se determinó también la densidad de plantas logradas a través del recuento del número de plantas en cinco segmentos de tres metros de longitud por cada tratamiento.

Se evaluó el vigor de plantas luego de la emergencia y en floración del cultivo mediante un Índice de Vigor, sobre la base del crecimiento, cobertura, cierre del entresurco, sanidad y estado general de la planta. Para la evaluación de este parámetro se realizaron 5 observaciones por parcela. El cuadro 5 muestra la escala utilizada para la evaluación del vigor.

**Cuadro 5:** Escala utilizada para la evaluación del vigor.

N° Asignado en la Escala de Vigor	Descripción Relativa del Estado del Cultivo
1	Alto
2	Superior a lo Normal
3	Normal (Vigor y desarrollo normal de la zona)
4	Inferior a lo Normal
5	Bajo

El rendimiento se determinó cosechando manualmente una superficie de la parcela equivalente a 1 m<sup>2</sup>. Para ello se cortaron las plantas existentes en 1,42 metros lineales en 4 surcos para así obtener 1 m<sup>2</sup> de superficie por parcela. Las plantas cortadas fueron procesadas con una trilladora estática. Luego en laboratorio se pesaron las muestras en una balanza eléctrica con un error de 0,1 gramos y se hicieron los cálculos correspondientes para obtener el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha). Se tomaron muestras de grano para medir y corregir los resultados a 14% de humedad. La biomasa cosechada fue pesada en el momento de corte y luego secada en horno eléctrico hasta constancia de peso durante 36 horas a 60°C, siendo pesada con una balanza de 0,5 gramos de precisión para determinar materia seca. El peso de los mil granos (P1000) se determinó a partir de cinco sub-muestras de cien granos por tratamiento, pesadas en una balanza de precisión de 0,01 gramos. El número de granos se estimó una vez obtenido el rendimiento y el peso de los granos.

Se obtuvieron datos de precipitación, temperatura, radiación, humedad relativa y evapotranspiración de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino. (*Detalle de los datos climáticos durante el ciclo del cultivo de arveja, en los ANEXOS 7, 8, 9, 10 y 11*).

## FASE EN CÁMARA DE CRECIMIENTO

En esta fase del ensayo se evaluó un inoculante a base de *Rhizobium leguminosarium* bv. *viciae* sólo y en combinación con promotores de crecimiento vegetal a base de *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense*.

El experimento se condujo con un diseño completamente aleatorizado con nueve repeticiones de cuatro tratamientos de inoculación con PGPM (*Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, combinación *Azospirillum brasilense*-*Pseudomonas fluorescens* y testigo). En todos los tratamientos las semillas fueron tratadas con protector bacteriano y fungicida. De esta forma se originaron 4 tratamientos (Cuadro 6). Se dispuso de un testigo absoluto, el cual no incluía ningún tipo de tratamiento de manera de asegurar que no hubo contaminación al momento de realizar el trabajo.

**Cuadro 6:** Descripción de los tratamientos evaluados en cámara de crecimiento.

Tratamiento	PGPM <sup>1</sup>
1	Testigo
2	<i>Azospirillum brasilense</i>
3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
4	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>

**(1) Todos los tratamientos fueron inoculados con *Rhizobium leguminosarium* bv. *Viciae*.**

## MANEJO DEL ENSAYO EN CÁMARA DE CRECIMIENTO

Para esta fase del ensayo se utilizó una muestra de semilla de la variedad Pampa, de la misma partida utilizada en la fase a campo. Previo a la siembra se realizó un análisis de poder germinativo (PG) de la semilla. Los productos utilizados para la realización de los tratamientos en cámara de crecimiento, así como la metodología empleada para el tratamiento de la semilla fueron similares a la fase de campo.

El ensayo se sembró el día 11 de Junio de 2013. Para ello se utilizó como sustrato suelo proveniente de la localidad de Alpachiri, perteneciente a la provincia de La Pampa. La ausencia de bacterias fijadoras de nitrógeno naturalizadas fue la razón por la cual se utilizó este suelo para esta fase del ensayo. Se utilizaron vasos de 250 ml. Previo al ensayo se llevó a cabo el análisis de las características químicas del suelo de Alpachiri. (*El resultado del análisis químico se presenta en el ANEXO 12*). Se colocaron un total de dos semillas por vaso. Luego de emergidas las plántulas se realizó un raleo manual de manera de disponer de una planta por recipiente. Las mismas se desarrollaron bajo condiciones controladas de temperatura (25-30°C), humedad de soporte (próximo a Capacidad de Campo), aire (60-70% HR), y luz (5000 lux). El riego se realizó con agua destilada esteril.

## **DETERMINACIONES**

A los 35 días desde la siembra se procesaron las plantas y se realizó el lavado de raíces y determinación de los parámetros de nodulación así como peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas. Para nodulación se evaluaron el número y peso de nódulos en raíz primaria y raíces secundarias. La masa seca de nódulos y peso seco de la porción aérea y radicular fueron determinadas después de 48 horas de secado en estufa a 65°C.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos fueron analizados a través de un ANOVA (prueba de F) realizando una comparación de medias (prueba de t). Las variables analizadas en el ensayo a campo fueron: número de plantas por metro cuadrado ( $pl/m^2$ ), vigor en estado vegetativo, vigor en estado reproductivo, peso de mil granos (P1000), número de granos por metro cuadrado ( $NG/m^2$ ), rendimiento en grano por unidad de superficie ( $kg/ha$ ) y materia seca en floración ( $kg/ha$ ).

En cámara de crecimiento, se analizaron las siguientes variables: número y peso (miligramos) de los nódulos en raíz primaria y raíces secundarias, peso seco (gramos) en parte aérea y radicular de las plantas.

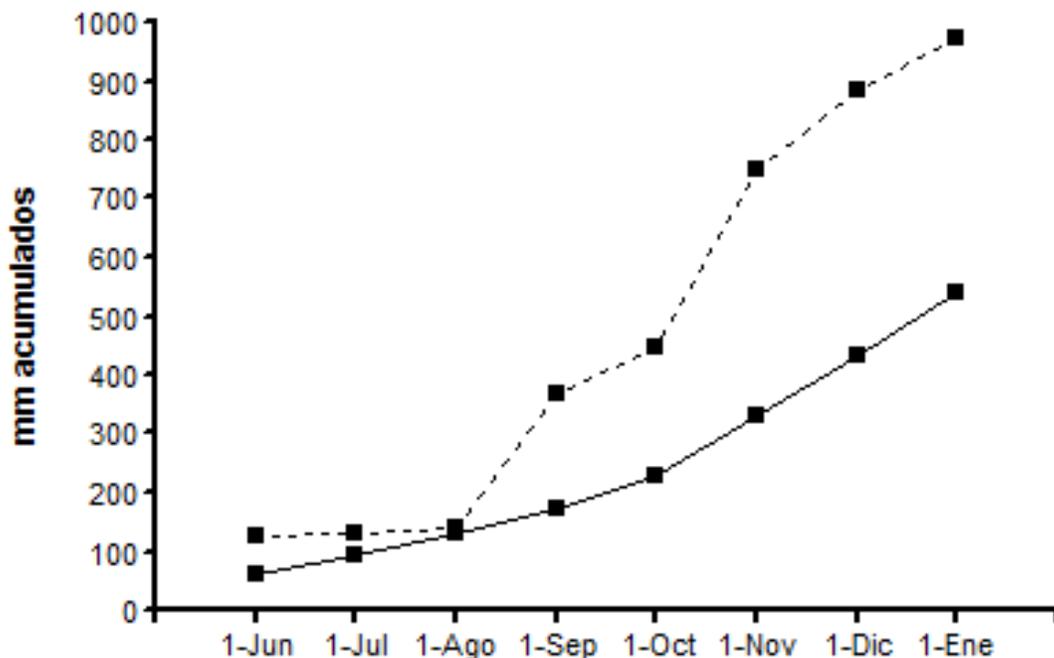
## RESULTADOS

### FASE A CAMPO

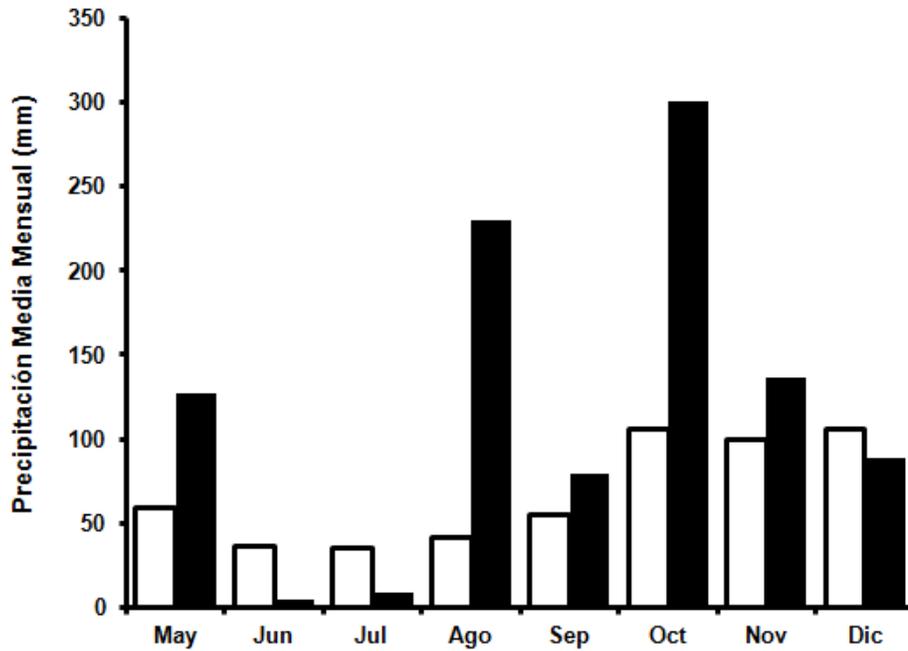
#### CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO: ASPECTOS GENERALES.

La campaña experimentó una considerable cantidad de lluvia acumulada durante el período de barbecho y en el ciclo del cultivo, las cuáles fueron superiores a la media histórica del período 1910-2012. Las precipitaciones a partir de Agosto fueron excesivas, superando holgadamente la media histórica, para un cultivo que solo requiere entre 300 y 350 mm en todo su ciclo (Figuras 1 y 2).

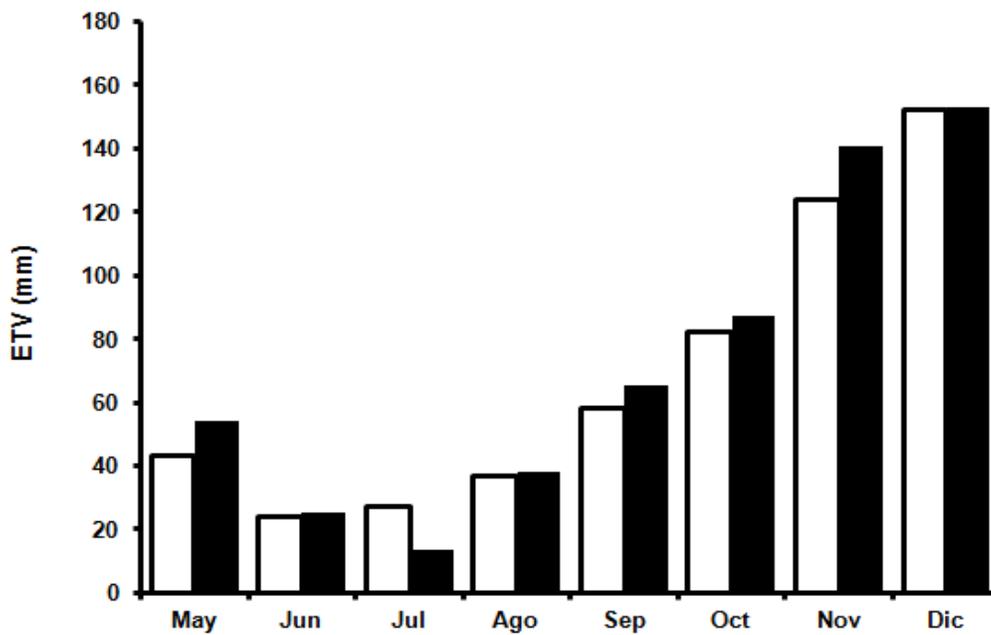
La evapotranspiración fue de 264,7 mm durante el ciclo del cultivo de arveja (Figura 3).



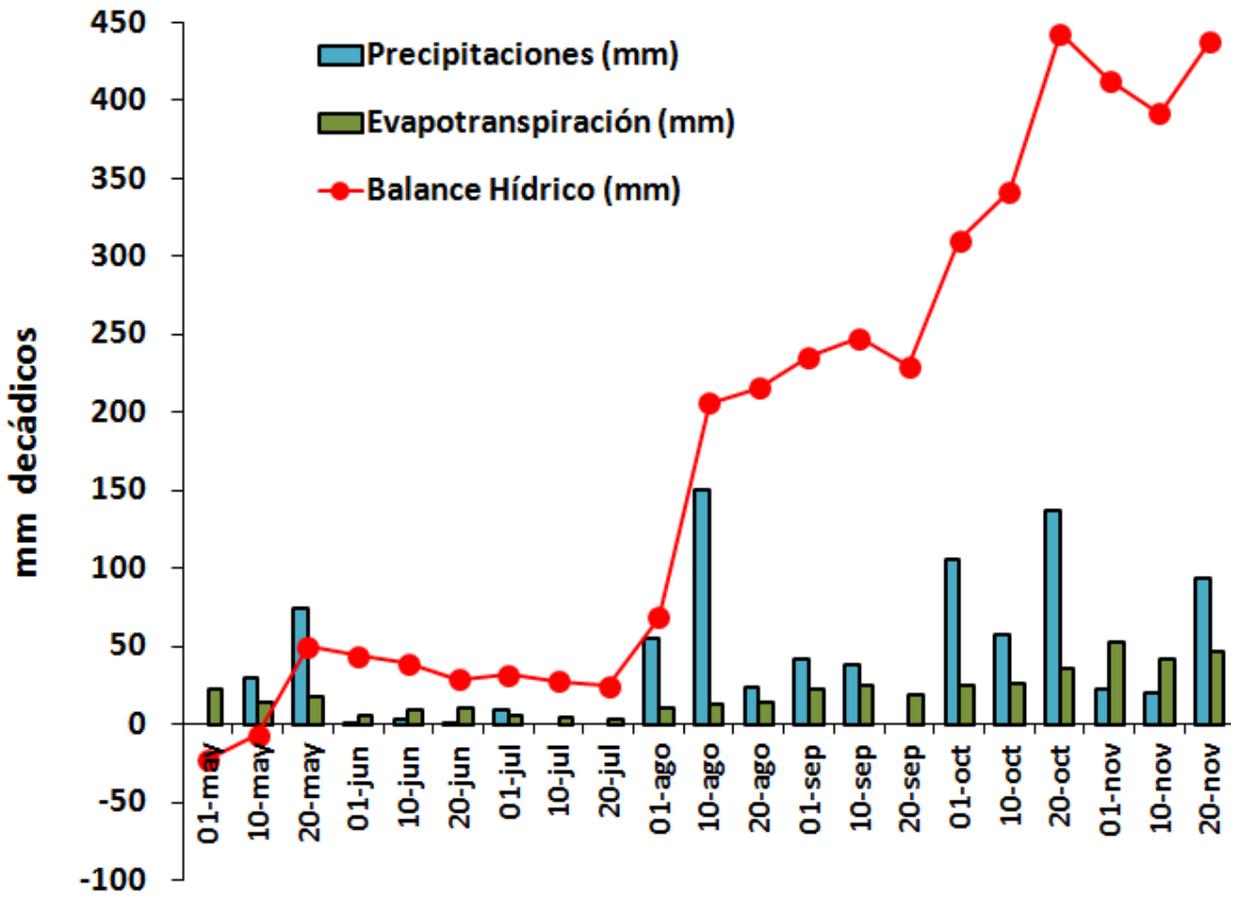
**Figura 1:** Precipitación acumulada durante el ciclo de crecimiento del cultivo de arveja (línea punteada). Se muestra la media histórica de Pergamino (línea sólida) por su relativa representatividad. Período considerado 1910-2012. Los valores fueron acumulados desde el 01/05.



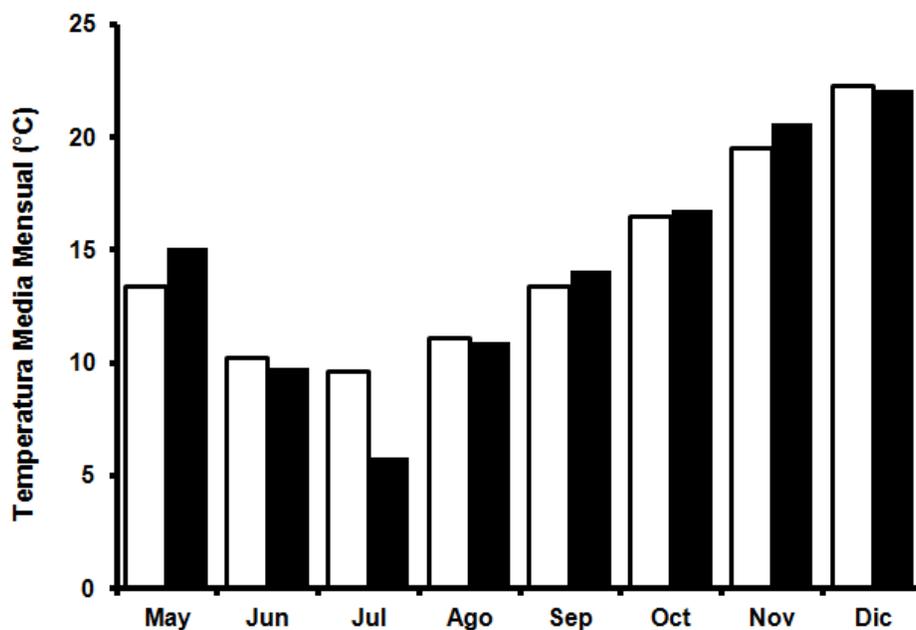
**Figura 2:** Precipitación mensual durante el ciclo de crecimiento del cultivo de arveja (barras llenas). Se muestra la precipitación histórica de Pergamino (barras vacías) por su relativa representatividad. Período considerado 1910-2012.



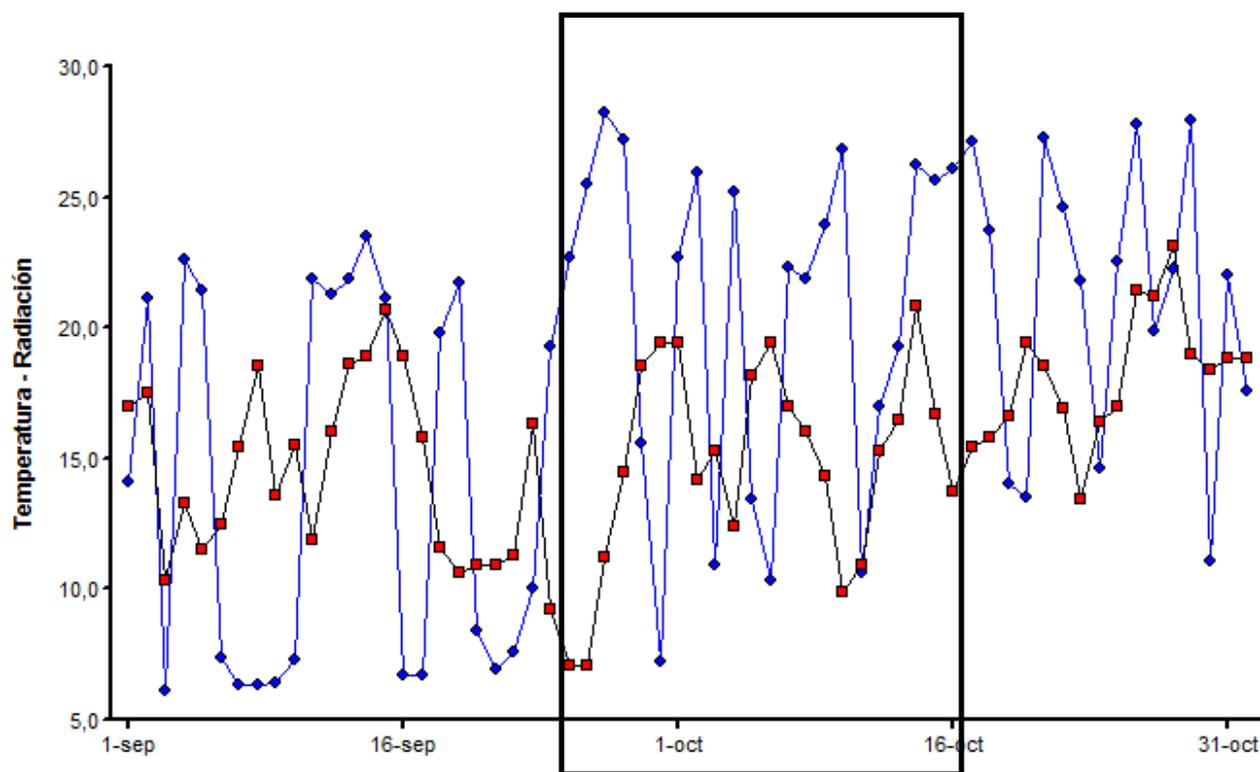
**Figura 3:** Evapotranspiración durante el ciclo de crecimiento del cultivo de arveja (barras llenas). Se muestra la media histórica de Pergamino (barras vacías) por su relativa representatividad. Período considerado 1967-2012.



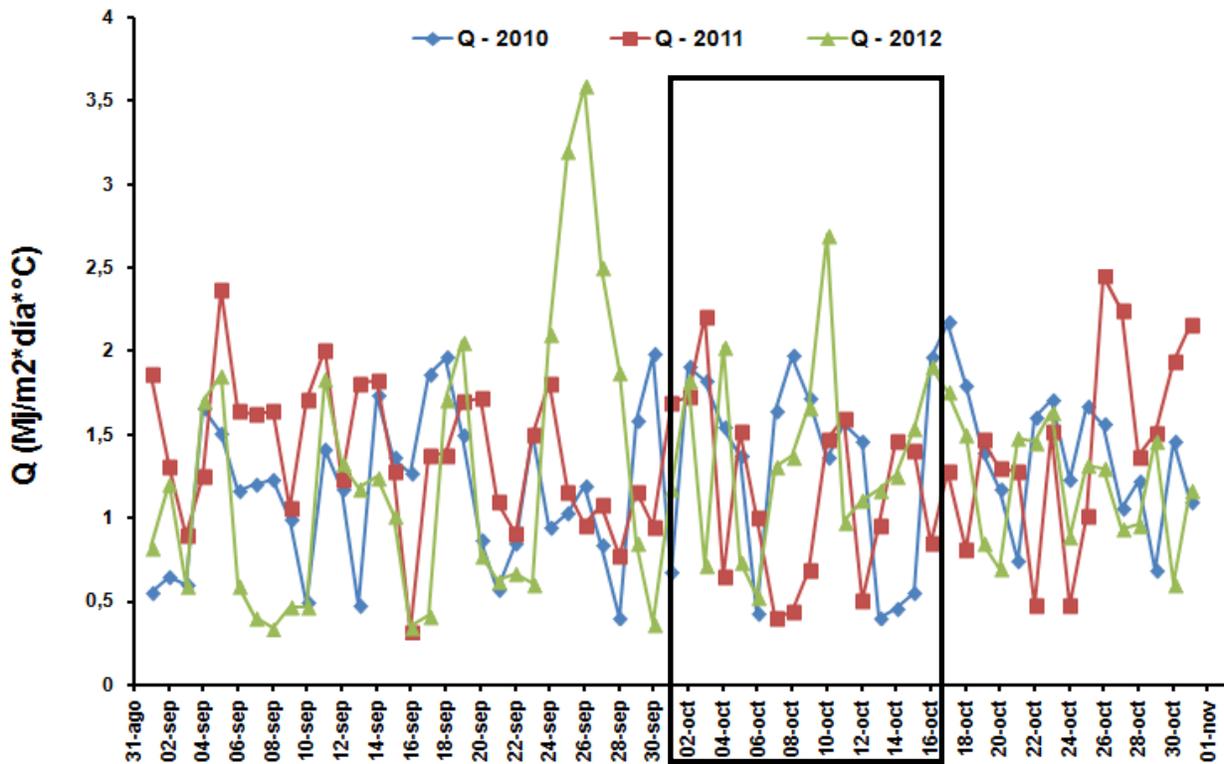
**Figura 4:** Precipitación, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en Pergamino durante el período comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 1 de Diciembre de 2012. Precipitación en el ciclo del cultivo: 632 mm.



**Figura 5:** Temperatura media mensual durante el ciclo de crecimiento del cultivo de arveja (barras llenas). Se muestra la media histórica de Pergamino (barras vacías) por su relativa representatividad. Período considerado 1967-2012.



**Figura 6:** Temperaturas medias diarias de Pergamino (°C) – Línea Roja - y Radiación (MJ/m<sup>2</sup>\*día) – Línea Azul -, durante el período comprendido entre el 1 de Setiembre de 2012 y el 1 de Noviembre de 2012. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Véase las continuas caídas en la radiación, por la frecuencia de días nublados.



**Figura 7:** Cociente fototermal (Q) de los dos años previos a la realización del ensayo a campo y del año de la realización del mismo (2012), durante el período comprendido entre el 1 de Septiembre y el 1 de Noviembre. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento.

**Cuadro 7:** Radiación ( $Mj/m^2.día$ ), Temperatura ( $^{\circ}C$ ) y Cociente Fototermal (Q) ( $Mj/m^2.día.^{\circ}C$ ), durante el período comprendido entre el 1 de Septiembre y el 1 de Noviembre.

Condiciones Ambientales	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Radiación ( $Mj/m^2.día$ )	19,11	19,42	17,53	18,58	18,20
Temperatura ( $^{\circ}C$ )	15,96	14,72	14,21	14,51	15,48
Cociente Fototermal (Q) ( $Mj/m^2.día.^{\circ}C$ )	1,20	1,32	1,24	1,28	1,17

La abundancia de días nublados, baja insolación, alta humedad relativa y un perfil saturado de humedad, sin dudas perjudicaron la producción del cultivo de arveja en gran parte del área productiva. No obstante, la elección de un sitio experimental alto y con pendiente posibilitó

salvaguardar el ensayo de un posible anegamiento hasta el momento de su cosecha y obtener rendimientos aceptables.

Por otro lado, el período siembra-emergencia estuvo acompañado con temperaturas levemente inferiores a la media histórica. A partir de la emergencia, las diferencias con los registros históricos no fueron significativas, sin embargo, la temperatura sufrió un leve aumento durante septiembre, octubre y noviembre, respecto del valor histórico.

El balance hídrico durante el ciclo del cultivo fue positivo. La figura 4 muestra como la precipitación supera la evapotranspiración potencial (ETP) la mayor parte de los meses que ocupó el cultivo de arveja. Sólo en Julio y Noviembre, la ETP superó levemente las precipitaciones ocurridas.

El cociente fototermal ( $Q$ )<sup>25</sup> representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Es decir, daría una medida del potencial de rendimiento en ausencia de limitaciones hídricas, nutricionales y de sanidad<sup>26</sup>. Los valores para 2012 fueron los más bajos de los últimos cinco años para el período comprendido entre el primero de Septiembre y el primero de Noviembre (Cuadro 6). La abundancia de días nublados fue una de las limitantes a la productividad en la campaña que sumado al exceso de precipitaciones, hicieron que los rendimientos obtenidos se alejaran de su potencial.

## **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO**

En base a los resultados obtenidos, se aprecia para el sitio bajo estudio un contenido bajo de materia orgánica (MO), nitrógeno total ( $N_t$ ), carbono orgánico (C), fósforo asimilable (P) y nitrógeno de nitratos ( $N-NO_3$ ). El pH se calificó como medianamente ácido.

---

<sup>25</sup> Fisher, 1985.

<sup>26</sup> Ferraris, 2007.

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL SUELO

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis microbiológico mediante el recuento indirecto por infección de plantas, puede afirmarse que existen bacterias naturalizadas en el suelo.

## NÚMERO DE PLANTAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE, VIGOR, PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA, RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.

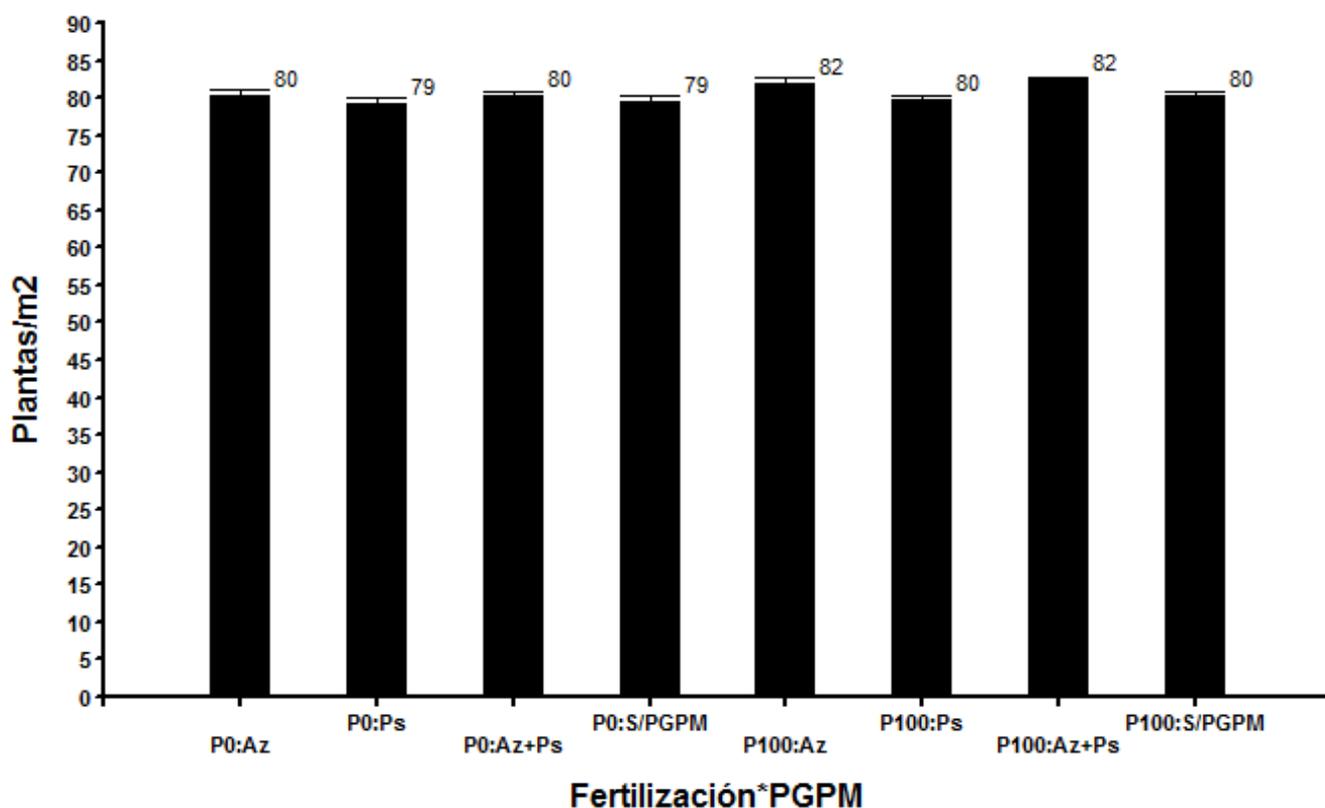
Los resultados fueron aceptables a pesar de la condición ambiental desfavorable.

**Cuadro 8:** Significancia estadística de las variables medidas en el ensayo.

Trat.	Fert.	PGPM	Plantas/ m <sup>2</sup>	Vigor Veget.	Vigor Flor	MS (kg/ha)	NG/m <sup>2</sup>	P1000 (gramos)	Rto. (kg/ha)
F1-P1	FI-0	Az	80,3	2,5	2,7	701,8	1844	137	2525,7
FI-P2	FI-0	Ps	79,3	2,9	2,9	470,9	1826	141,6	2574,3
FI-P3	FI-0	Az+Ps	80,2	2,7	2,5	475,0	1858	142,0	2639,7
FI-P4	FI-0	S/PGPM	79,5	2,8	2,7	470,0	1839	139,6	2563,0
FII-P1	FII-100	Az	81,9	2	1,8	1018,8	2377	140,2	3330,3
FII-P2	FII-100	Ps	79,7	2	2,2	712,5	2215	143,6	3182,0
FII-P3	FII-100	Az+Ps	82,4	1,8	1,8	1022,6	2427	139,3	3381,3
FII-P4	FII-100	S/PGPM	80,3	1,7	2,3	714,4	2251	137,2	3087,7
Fertilización =			0,016	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,877	0,0001
PGPM =			0,039	0,660	0,090	0,005	0,455	0,1461	0,431
Interacción Fert. X PGPM =			0,549	0,496	0,379	0,168	0,648	0,244	0,607
CV (%) =			1,43	15,06	11,64	18,28	6,96	2,24	6,73

Se determinó efecto estadísticamente significativo de la fertilización con fósforo sobre el número de plantas por unidad de superficie (plantas/m<sup>2</sup>) (ANEXO 13), el vigor en estado vegetativo y en floración del cultivo (ANEXOS 14 y 15, respectivamente), materia seca (kg/ha) (ANEXO 19), el número de granos por unidad de superficie (NG/m<sup>2</sup>) (ANEXO17) y el rendimiento en grano (kg/ha) (ANEXO 18) (Cuadro 8) (P<0,10).

El número de plantas por unidad de superficie mostró diferencias estadísticamente significativas a la inoculación con PGPM (P<0,10), siendo la combinación de ambos promotores de crecimiento y la inoculación con *Azospirillum brasilense* los dos tratamientos de mayor respuesta (Figura 8).

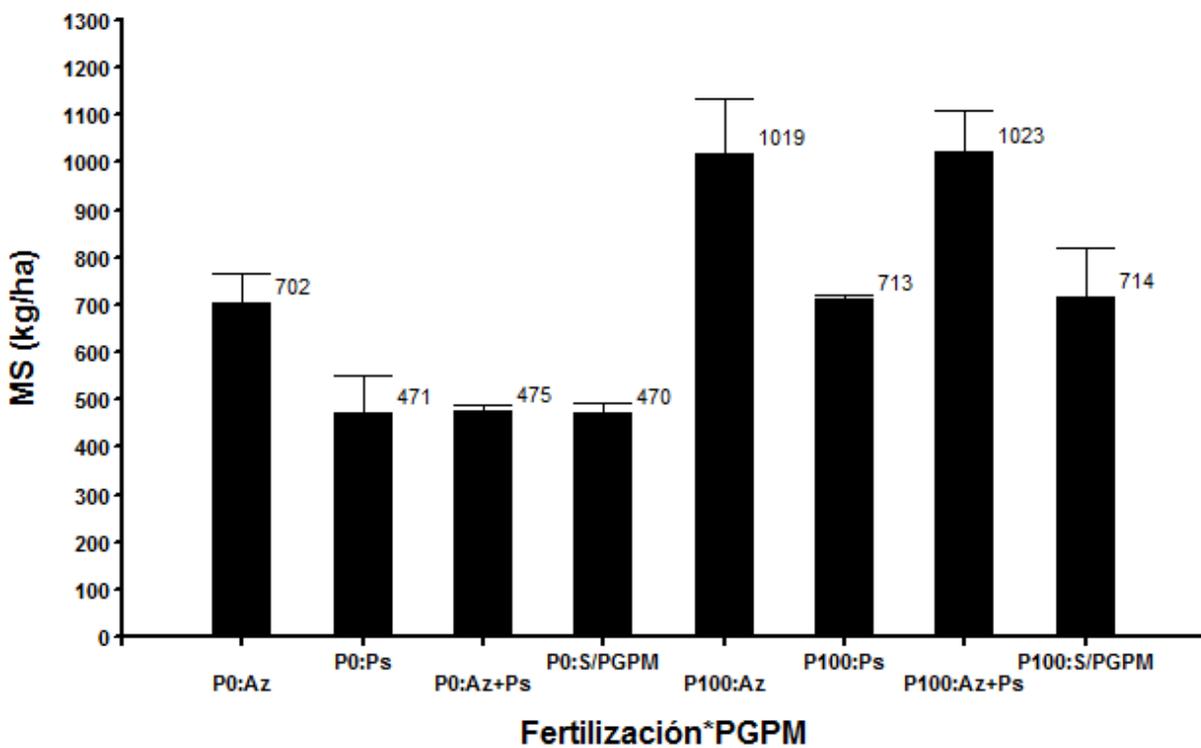


**Figura 8:** Número de plantas logradas por metro cuadrado (Plantas/m<sup>2</sup>) según tratamientos. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.

El vigor, fue otra de las variables estudiadas. Este parámetro fue un buen indicador del estado general del cultivo. Al analizar esta variable, tanto en estado vegetativo como en floración del cultivo, se pudo notar diferencias claras en vigor (estado general de la planta, cierre del entresurco, altura)

entre tratamientos fertilizados con fósforo y aquellos que no recibieron dicho elemento ( $P < 0,10$ ). Al analizar el efecto de los PGPM, si bien las diferencias en vigor no fueron tan claras como lo observado al comparar tratamientos fertilizados y no fertilizados, hay una tendencia positiva para aquellos tratamientos que incluían la combinación de ambos promotores.

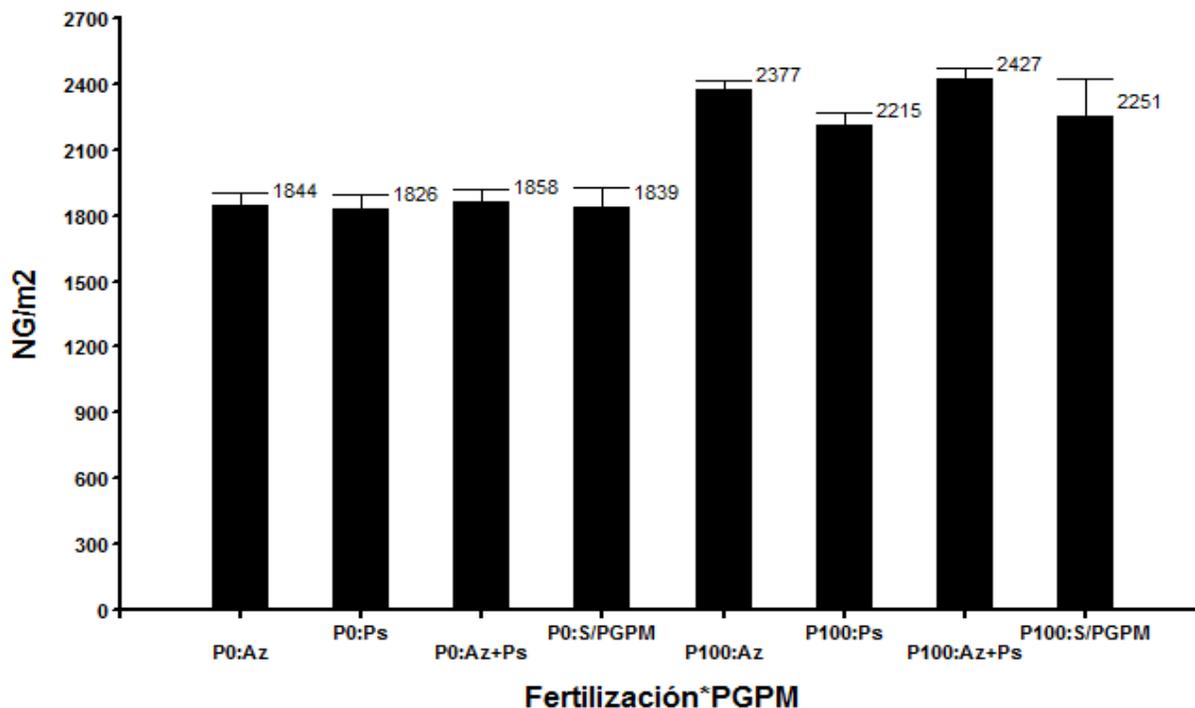
Se determinaron efectos significativos de la fertilización fosforada y la inoculación con PGPM sobre la materia seca en floración (kg/ha) ( $P < 0,10$ ). Entre los tratamientos fertilizados se destacan aquellos que incluyeron *Azospirillum brasilense* y la combinación de este último con *Pseudomonas fluorescens* (Figura 9).



**Figura 9:** Producción de Materia Seca en Floración (kg/ha) según tratamientos de inoculación y fertilización. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.

En cuanto a los componentes de rendimiento, el número de granos por unidad de superficie (NG/m<sup>2</sup>), mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos fertilizados y no fertilizados ( $P < 0,10$ ). Para este componente del rendimiento las diferencias entre el tratamiento fertilizado con fósforo e inoculado con PGPM (P100:Az+Ps) y el testigo (P0:S/PGPM) fueron del 25%. Al analizar el

efecto de los PGPM, se pudo observar una clara tendencia positiva a la combinación de *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* (Figura 10). Continuando con los componentes de rendimiento, el peso de mil granos (P1000), no mostró efectos significativos para ninguno de los tratamientos analizados ( $P>0,10$ ) (ANEXO 16).

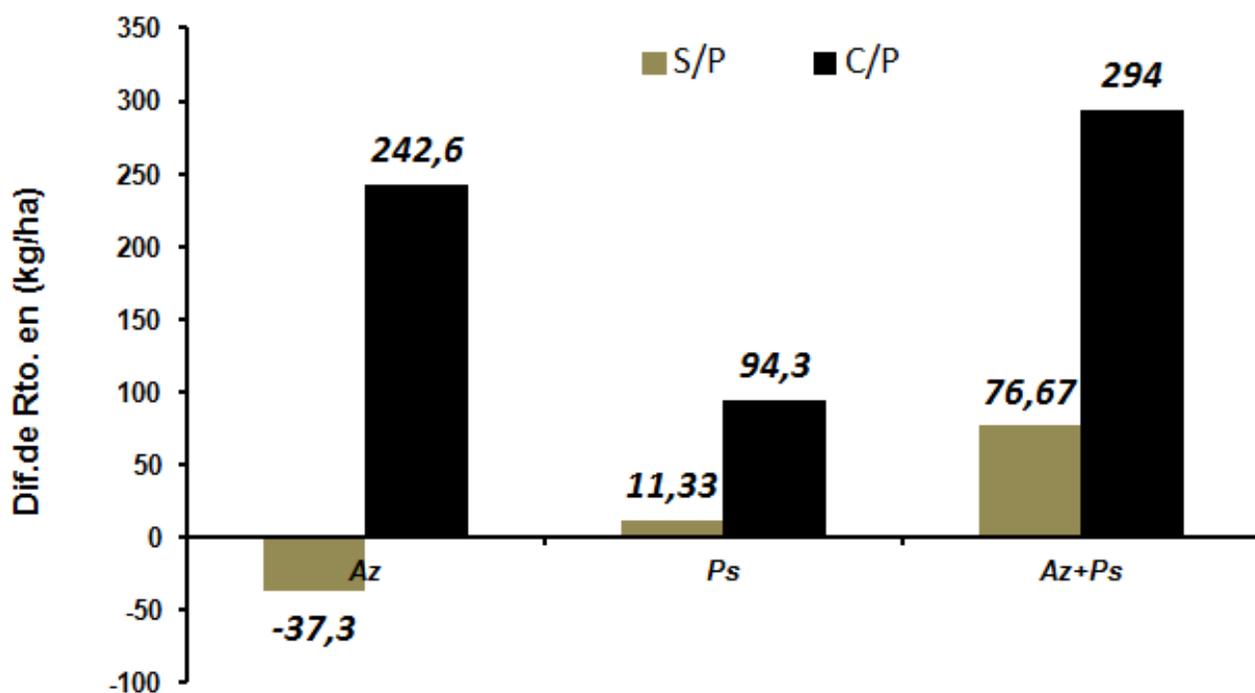


**Figura 10:** Número de granos por unidad de superficie (NG/m<sup>2</sup>) según tratamientos. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.

Los rendimientos por unidad de superficie (kg/ha) de cada una de las parcelas pueden observarse en el ANEXO 18. El rendimiento promedio del ensayo fue elevado (2910,5 kg/ha), teniendo en cuenta el exceso de precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo sumado a la continua caída de la radiación producto de la gran cantidad de días nublados.

Los rendimientos mostraron efectos estadísticamente significativos ( $P<0,10$ ) a la fertilización fosforada. La respuesta a la fertilización fosforada fue más notable cuando se realizó de manera conjunta con los tratamientos biológicos que incluían PGPM. En este experimento, las diferencias en rendimiento entre las parcelas inoculadas con los dos PGPM y aquellas que no incluyeron los

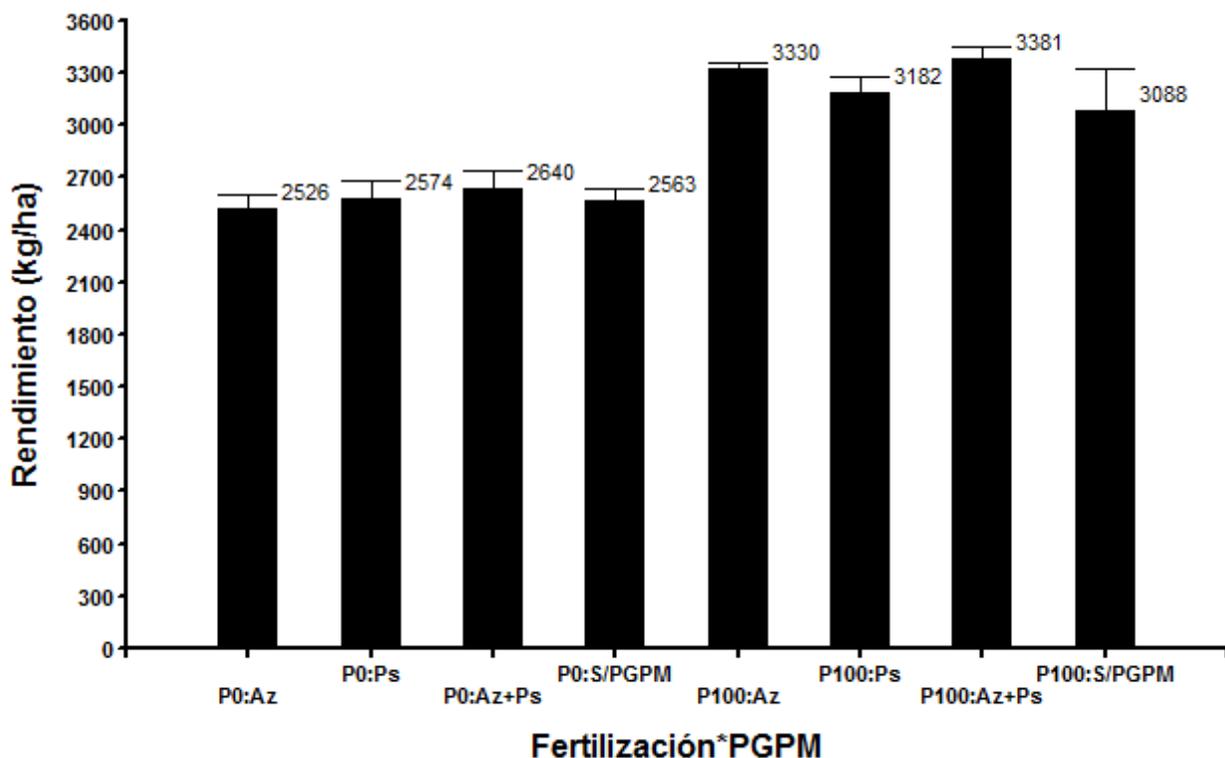
mismos (P0:S/PGPM – P100:S/PGPM) fueron de mayor magnitud en presencia de adecuados niveles de fertilización fosforada, alcanzando un valor medio de 293,66 kg/ha, lo que representa un incremento del 8,7% producto por la combinación de los dos PGPM. El incremento en rendimiento de la inoculación con ambos promotores en ausencia de fertilización fosforada (P0) fue de 76,67 kg/ha, representando ello un incremento del 3%, menor a lo observado en los tratamientos fertilizados (Figura 11). No obstante ello, el efecto de los PGPM es solo una tendencia positiva, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,10$ ) de los mismos ni de la interacción entre la fertilización y la inoculación con PGPM.



**Figura 11:** Diferencia de rendimiento respecto a los tratamientos sin PGPM, expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha), diferenciando entre tratamientos fertilizados o no con fósforo. [Az=*Azospirillum*; Ps=*Pseudomonas*].

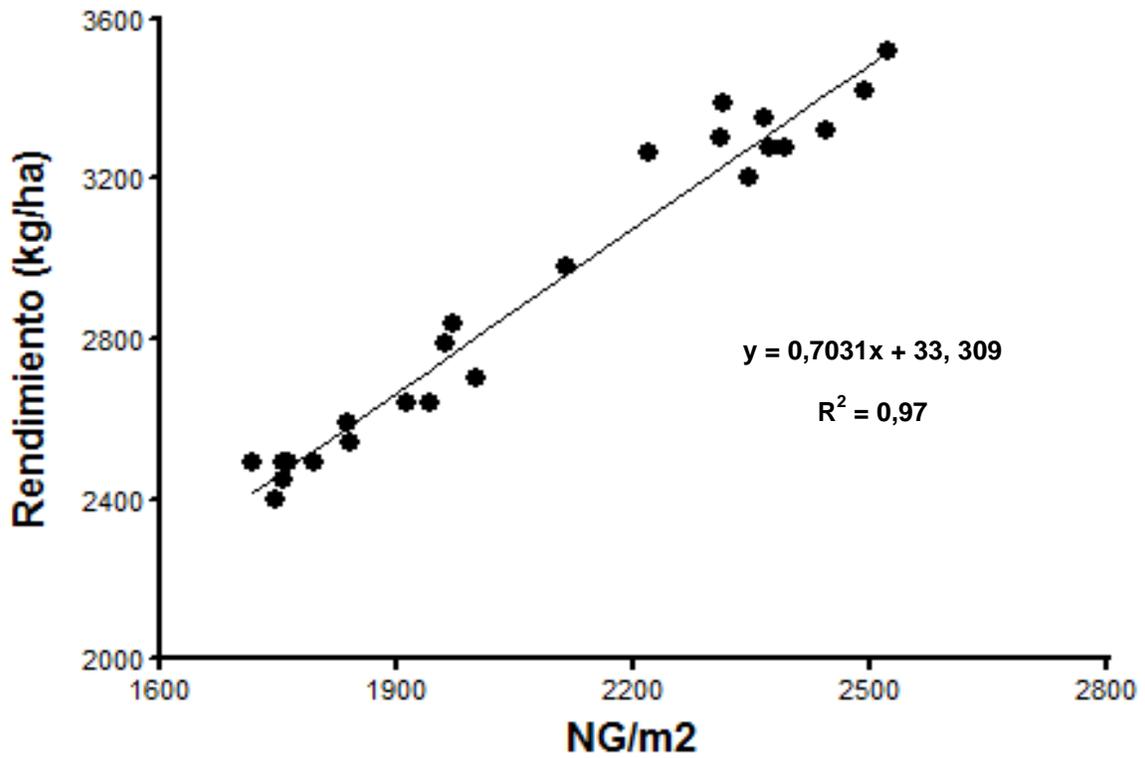
Se pudo observar una tendencia positiva de la inoculación con PGPM en forma combinada con la fertilización fosforada. Dentro de ellos, los tratamientos que incluían *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense* solo, fueron los que mostraron los efectos más positivos en el número de plantas por unidad de superficie (plantas/m<sup>2</sup>), materia seca a floración

(kg/ha), número de granos por metro cuadrado (NG/m<sup>2</sup>) y rendimiento en grano por unidad de superficie (kg/ha). Esto evidencia una tendencia positiva de la combinación entre ambas tecnologías. Los resultados muestran una respuesta significativa al aporte de fósforo. La fertilización con este nutriente es una práctica muy relevante en el cultivo de arveja, y la combinación con otro tipo de tecnología como la inoculación con PGPM (P100:Az+Ps) logró superar el tratamiento testigo (P0: S/PGPM) en 818 kg/ha, representando este valor un incremento del 25% producto de la combinación de ambas tecnologías (Figura 12).

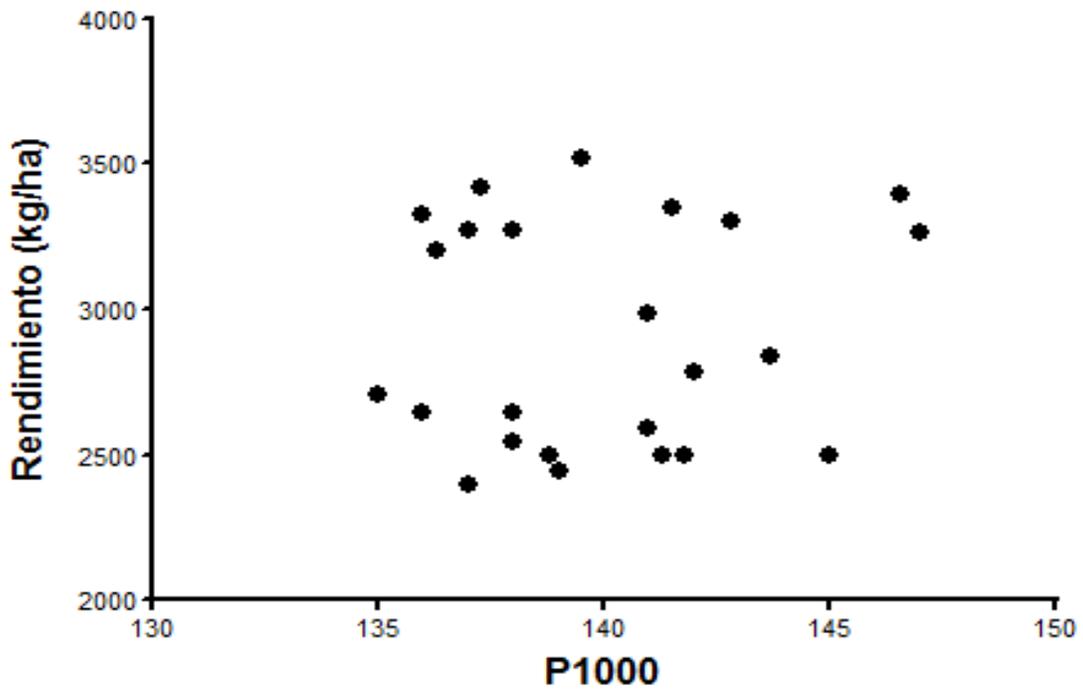


**Figura 12:** Rendimiento de grano de arveja (kg/ha) según tratamientos. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.

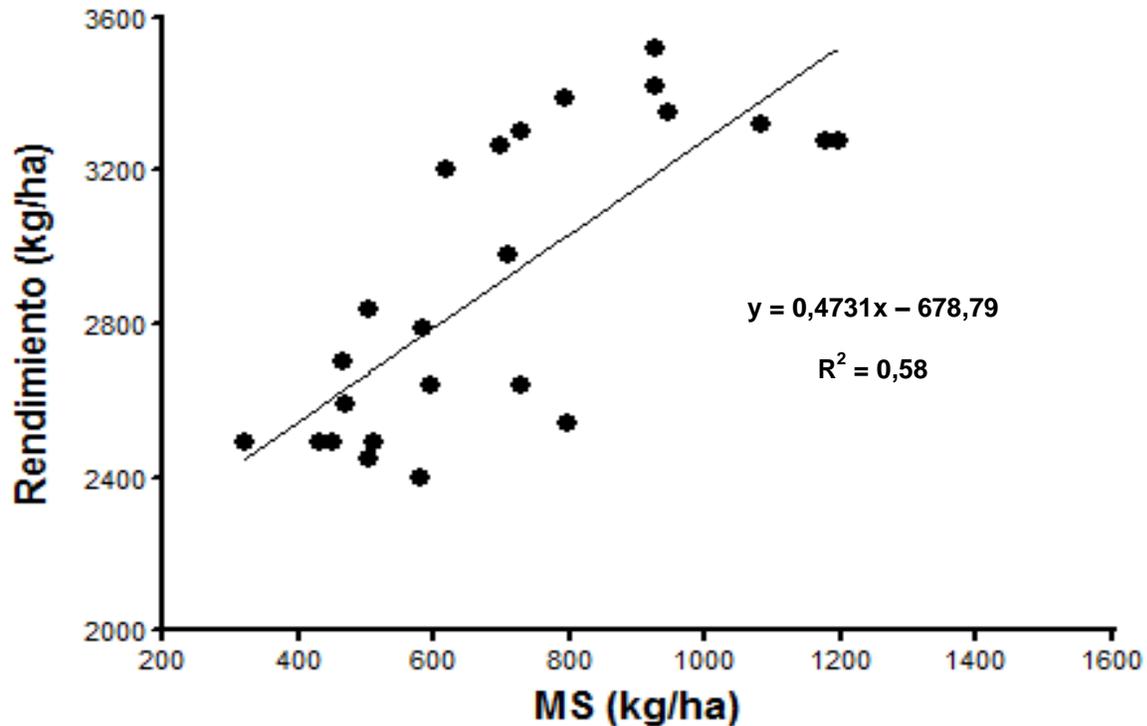
A considerar por los valores de  $R^2$  de las funciones ajustadas, la diferencia entre los rendimientos obtenidos de arveja fueron mejor explicados por las diferencias en el número de granos que por el peso de los mil granos (Figuras 13 y 14). La materia seca a floración explicó un 58 % de los cambios los rendimientos (Figura 15).



**Figura 13:** Relación entre el rendimiento obtenido en arveja y el número de granos por unidad de superficie (NG/m<sup>2</sup>).



**Figura 14:** Relación entre el rendimiento obtenido en arveja y el peso de mil granos (P1000).



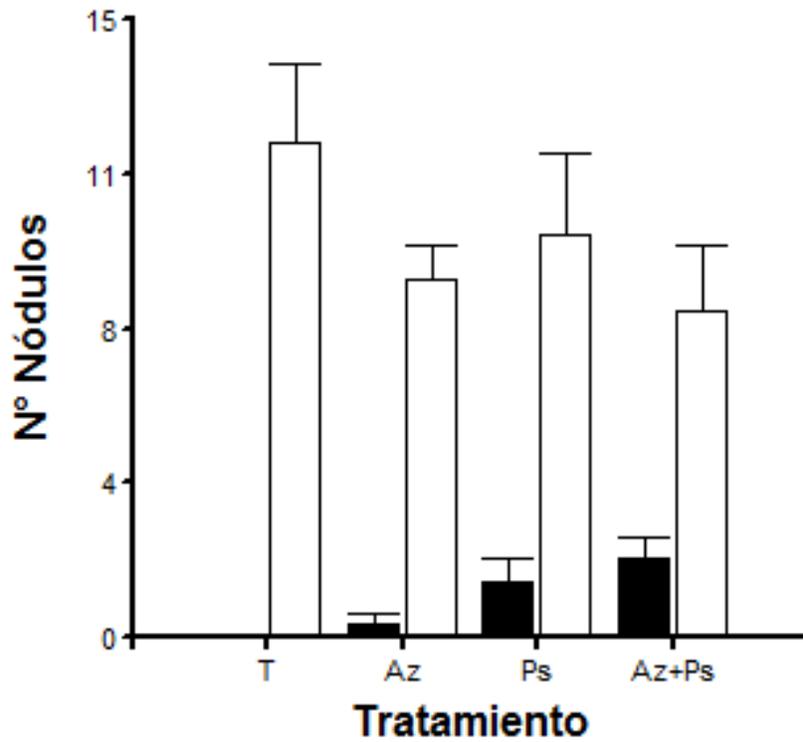
**Figura 15:** Relación entre el rendimiento obtenido en arveja y la materia seca en floración (MS).

## FASE EN CÁMARA DE CRECIMIENTO

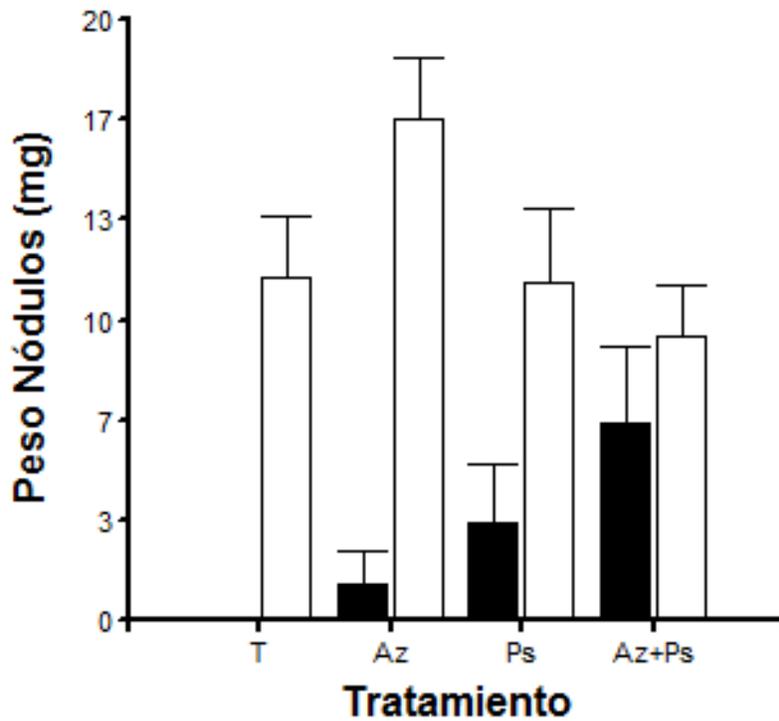
**SUSTRATO:** Suelo de Alpachiri

### NODULACIÓN: NÚMERO Y PESO DE NÓDULOS EN RAÍZ PRIMARIA Y RAÍCES SECUNDARIAS

Analizando el efecto de los PGPM, se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el número de nódulos en la raíz principal a favor de la combinación de los dos promotores (*Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*) ( $P < 0,10$ ). No ocurrió lo mismo en las raíces secundarias, no registrando diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,10$ ) (Figura 16). En cuanto a la masa seca nodular, se destacó el peso de nódulos en raíz principal al combinar los dos PGPM (6,56 mg), siendo las diferencias con el testigo significativas ( $P < 0,10$ ). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el peso de nódulos en raíces secundarias ( $P > 0,10$ ) (Figura 17). (ANEXO 20).



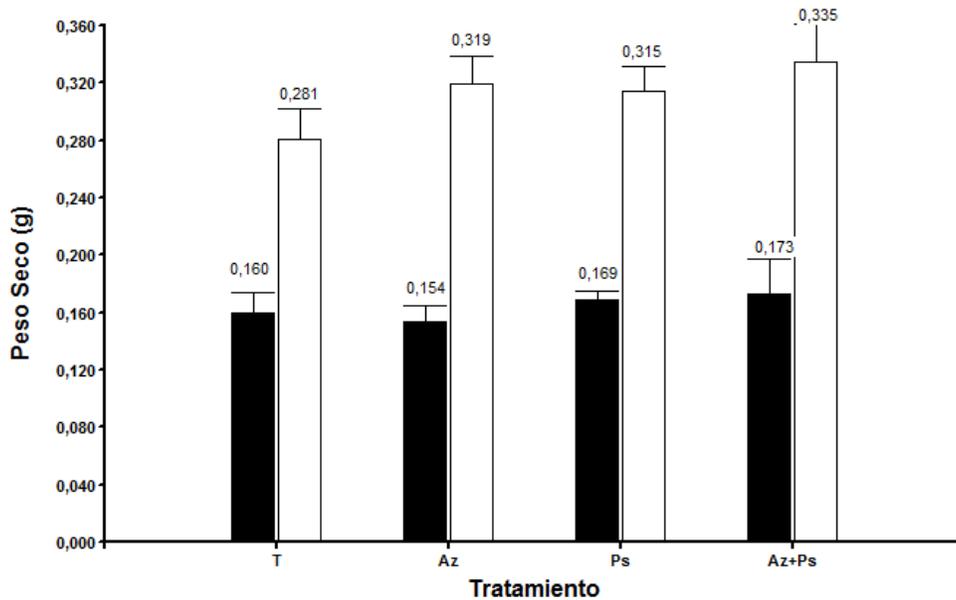
**Figura 16:** Número de nódulos en raíz principal (barras llenas) y en raíces secundarias (barras vacías) bajo los tratamientos con PGPM y testigo sin tratar. [T=Testigo; Az=Azospirillum; Ps=Pseudomonas]. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.



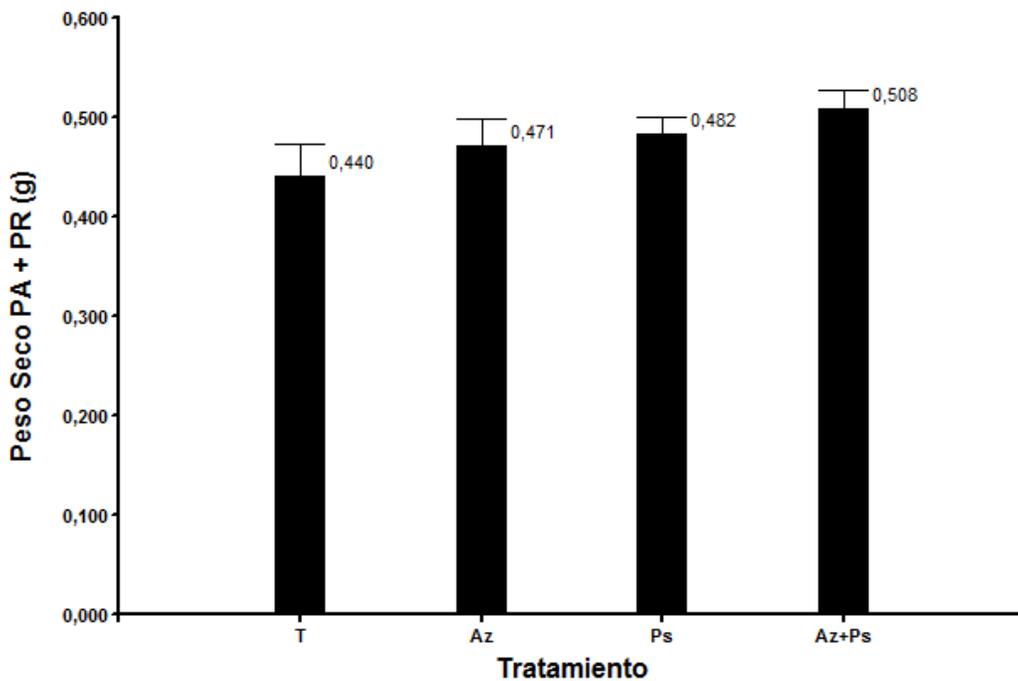
**Figura 17:** Peso de nódulos acumulados en raíz principal (barras llenas) y en raíces secundarias (barras vacías) bajo los tratamientos con PGPM y testigo sin tratar. [T=Testigo; Az=Azospirillum; Ps=Pseudomonas]. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.

### PESO SECO PARTE AÉREA Y PARTE RADICULAR

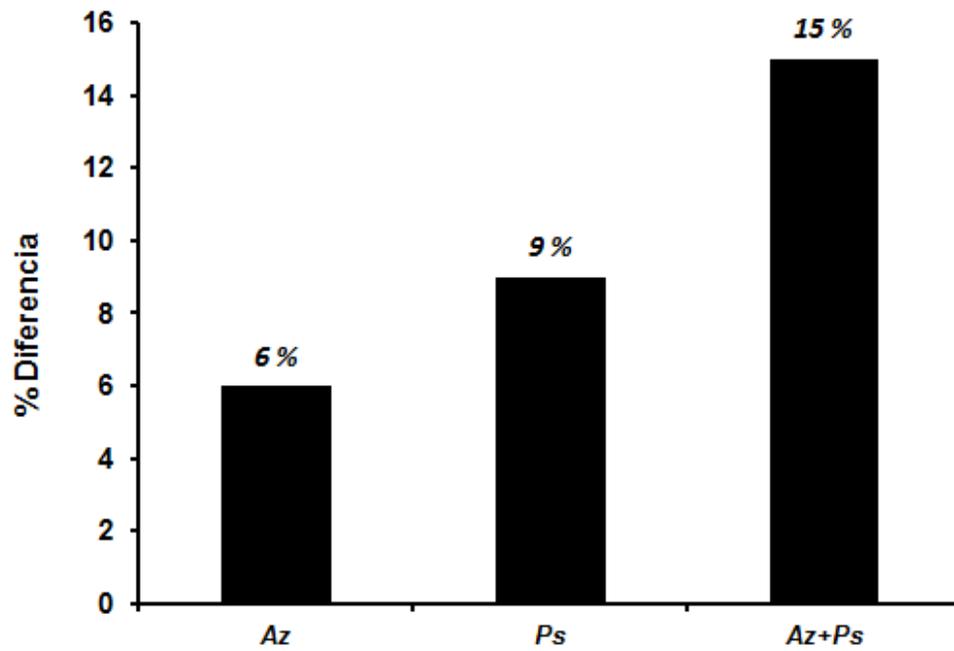
En cuanto al peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P > 0,10$ ), pero se pudo observar una tendencia levemente positiva a favor de los tratamientos que incluían PGPM, destacándose entre ellos, el que combinaba *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*, que permitió un incremento en la parte aérea y parte radicular del 16% y 12%, respectivamente, respecto del testigo (Figuras 18 y 19).



**Figura 18:** Peso seco (gramos) de raíces (barras llenas) y biomasa aérea (barras vacías) bajo los tratamientos con PGPM y testigo sin tratar. [T=Testigo; Az=Azospirillum; Ps=Pseudomonas]. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.



**Figura 19:** Suma de peso seco (gramos) de raíces y biomasa aérea bajo los tratamientos con PGPM y testigo sin tratar. [T=Testigo; Az=Azospirillum; Ps=Pseudomonas]. Las líneas verticales representan la desviación estándar de la media.



**Figura 20:** Diferencia (%) con relación al testigo sin PGPM, de la suma de biomasa radicular y aérea. [T=Testigo; Az=*Azospirillum*; Ps=*Pseudomonas*].

## DISCUSIÓN

El año en que se llevó a cabo el ensayo a campo, no ha sido favorable para las legumbres debido a la incidencia y severidad de enfermedades vasculares que llevaron el rendimiento medio de los lotes de producción muy por debajo de la media histórica. Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo de arveja alcanzaron a 632 mm, excesivas para la demanda de este cultivo. A pesar de ello, la elección de un sitio experimental alto y con pendiente posibilitó lograr el ensayo y obtener buenos rendimientos. La productividad media fue de 2910,5 kg/ha, lo que indica y confirma lo importante de la elección de un sitio con bajas posibilidades de anegamiento para la siembra de esta especie.

La respuesta del cultivo de arveja a la mejora tecnológica en ocasiones es cuestionada. Esto tiene que ver con su sensibilidad a inclemencias climáticas (heladas, excesos hídricos), y el escaso conocimiento de algunos factores limitantes del rendimiento.

Los cambios en la nutrición del cultivo afectaron directamente la producción de granos por unidad de área, pero no el peso de los mismos. Asimismo, se observaron incrementos en la acumulación de materia seca.

Se logró un promedio de 80 plantas/m<sup>2</sup>, lo que representa un 67% del stand de plantas objetivo. Esta disminución de un 33% en el stand de plantas es probablemente consecuencia de los excesos de humedad que sufrió el cultivo una vez implantado, acompañado por temperaturas medias por debajo de las históricas. La arveja es muy sensible a las bajas temperaturas en la etapa de germinación (FASE 0)<sup>27</sup>, por lo que es recomendable evitar de alguna manera sembrar con pronóstico cercano de lluvias y excesivo frío. Al alcanzar menor emergencia, las plantas remanentes aumentaron su peso individual y tendieron así a compensar el faltante.

Se determinó efecto estadísticamente significativo de la fertilización sobre los rendimientos ( $P < 0,10$ ). Esto confirma la importancia de este elemento en la nutrición del cultivo de arveja, documentado en

---

<sup>27</sup> Knott, 1987

experiencias previas.<sup>28</sup> Desde el punto de vista del rendimiento, las respuestas están fundamentadas por la fijación de un mayor número de vainas por planta, y por ende del número de granos por unidad de superficie. En ausencia de fósforo, las plantas disminuyeron su crecimiento y cobertura y alcanzaron menor vigor. Esto coincide con lo obtenido en otras experiencias<sup>29</sup>. Las respuestas a la aplicación de fósforo en el cultivo comienzan a darse temprano en el ciclo, registrándose importantes diferencias en la materia seca acumulada a floración. Salvo en el bloque tres, y dentro de este, en las parcelas no fertilizadas, los demás resultados del análisis químico mostraron valores de fósforo inferiores al umbral de 15 ppm establecido para la especie.

Se pudo observar que las mayores respuestas a la fertilización se dieron en combinación con los PGPM. Se determinó que cuando el fósforo fue limitante por ausencia de fertilización, la respuesta en rendimiento a la inoculación con PGPM fue de 3%; sin embargo, cuando la oferta de fósforo fue alta, la respuesta a PGPM se incrementó 8,7%. Se logró un incremento de 818,33 kg/ha producto de la combinación de ambos PGPM y la fertilización fosforada (P100: Az+Ps), respecto del testigo (P0:S/PGPM), lo cual representa un incremento del 25 %, producto de la complementación de ambas tecnologías. Como factor individual el efecto del fósforo es de mayor magnitud que el de los PGPM.

La inoculación al combinar los dos promotores, permitió lograr efectos significativos ( $P < 0,10$ ) en el número de nódulos en la raíz principal en condiciones de laboratorio. Esto parecería ser un claro indicador de que la combinación de PGPM, permite lograr efectos beneficiosos sobre un proceso clave en la nutrición del cultivo de arveja, como lo es la fijación biológica del nitrógeno. Es importante inocular siempre, logrando una adecuada carga bacteriana sobre la semilla lo cual derivará en una mayor producción de masa seca nodular. La eficiencia de la inoculación depende, entre otros factores, del lugar de la raíz donde se localicen los nódulos. A igual peso de nódulos, los de la raíz

---

<sup>28</sup> Prieto, G (2010); Prietto, G (2013); Toresani, S.y Col. (2013), Ferraris, G y Couretot, L (2012).

<sup>29</sup> Ferraris, G (2012) *Nutrición del Cultivo de Arveja*.

primaria fijan cerca de diez veces más nitrógeno que los situados en la raíz secundaria<sup>30</sup>. Una experiencia realizada con esta leguminosa muestra que la nodulación y la infección con hongos micorrízicos vesículo-arbusculares fueron incrementadas cuando se realizó la co-inoculación con *Azospirillum*<sup>31</sup>.

En la fase a campo se observaron incrementos importantes en variables claves como el número de plantas por unidad de superficie, vigor, materia seca, número de granos y rendimiento, lo cual fue confirmado en parte con lo realizado en cámara de crecimiento en condiciones controladas. En esta última fase del ensayo, existió una clara tendencia positiva en el peso seco en la parte aérea y parte radicular de las plantas cuando se combinaron los PGPM.

En condiciones de campo, el tratamiento que incluía *Azospirillum brasilense*, mostró respuestas positivas en la mayoría de las variables estudiadas, con un comportamiento casi similar que el tratamiento que incluía ambos promotores de crecimiento. Esto no se mantuvo en la fase en cámara de crecimiento, donde el tratamiento con *Pseudomonas fluorescens* y la combinación de ambos PGPM, fueron los que mostraron las mayores diferencias con respecto al testigo. De este modo se pudo ver una estabilidad positiva, en el tratamiento que incluía la combinación de ambos promotores. La combinación de ambos PGPM permitió lograr un incremento del 6, 9 y 15% en la suma del peso seco de la parte aérea y parte radicular de las plantas, con respecto al testigo sin promotores de crecimiento vegetal, cuando se inoculó con *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*, respectivamente.

Este tipo de tecnologías, como la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal debe ser un complemento a prácticas de manejo adecuadas para el cultivo, como la elección de un adecuado cultivar, elección del lote, densidad de siembra, distanciamiento entre hileras, profundidad de siembra, fertilización, control de adversidades, cosecha, entre otras prácticas de manejo.

---

<sup>30</sup> Racca, R. INTA-IFFIVE

<sup>31</sup> Bashan et al., 1995.

## CONCLUSIONES

La información recopilada, analizada y evaluada permite concluir que:

a)- El cultivo de arveja respondió de forma significativa al agregado de fósforo, lo que permitió que se hallaran diferencias estadísticamente significativas en el número de plantas/m<sup>2</sup>, vigor en estado vegetativo, vigor en floración, materia seca a floración, número de granos y rendimiento. Se demuestra con esta y otras experiencias, que la provisión de fósforo es muy importante, para sostener los rendimientos del cultivo. No ocurrió lo mismo con el peso de mil granos.

b)-La combinación de los PGPM evaluados permitieron incrementar el número de nódulos en raíz principal.

c)- La combinación de ambas tecnologías, inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal y fertilización fosforada, mostró claras tendencias positivas en el número de plantas/m<sup>2</sup>, vigor, materia seca a floración, número de granos y rendimiento.

d)- En condiciones de laboratorio se logró un incremento en la biomasa aérea y radicular cuando se inoculó con PGPM.

La incorporación de PGPM a los planteos agrícolas actuales es una práctica que se expande lentamente en los cultivos extensivos. Los efectos benéficos de las comunidades de microorganismos que habitan el suelo agrícola son materia de estudio desde hace muchos años. El campo de la biología de suelos es sin lugar a dudas una de las áreas con mayor potencialidad para incrementar los rendimientos de los cultivos en los próximos años. Las tendencias obtenidas por efecto de las variables estudiadas avalan profundizar los estudios en campañas siguientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Caballero-Melado, J., & Fuentes-Ramirez, L. E. 2005. Bacterial Biofertilizers. En *PGPR, Biocontrol and Biofertilization*. 143-172. Springle, Dordrecht, The Netherlands: Z.A. Siddiqui.
- Caballero-Mellado, J., Caracano Montiel, . M., & Mascarua-Esparza. 1992. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis*. 243-253.
- Couretot, L., & Ferraris, G. 2008. Respuesta a la inoculación con Micorrizas bajo dos ambientes de fertilización. *Trigo. Resultados de Experiencias. Campaña 2008 (Parte II). Proyecto Regional Agrícola. EEA INTA Pergamino-Villegas* .63-68. Pergamino: CRBAN. ISSN 1852-0472.
- Díaz-Zorita M. & MV Fernández-Canigia .2008. *Field performance of liquid formulation of Azospirillum brasilense on dryland wheat productivity*. *Eur. J. Soil Biol.*1-9.
- Díaz-Zorita M., R.M. Baliña, M.V. Fernández-Canigia y A.Perticari. 2004. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) and Corn (*Zea mayz* L.) with *Azospirillum brasilense* in the Pampas region, Argentina. RELAR, Río de Janeiro (Brasil).
- Dobereiner, J. 1977. Present and Future opportunities to improve the nitrogen nutrition of crops through biological fixation. In: *Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics*. Ayanaba, A. y Dart, P. (eds) John Wiley and Sons. U.S.A. 3-12.
- Faggioli, V., & Ferraris, G. 2011. Inoculación con microorganismos con efecto promotor de crecimiento. Conocimientos actuales y experiencias realizadas en la Región Pampeana Argentina. *XXII Congreso Argentino de Microbiología*. 18.
- Ferraris, G. 2007. Respuesta a la aplicación de inoculantes, fertilizantes y fungicidas en trigo. EEA INTA Pergamino.
- Ferraris, G. 2009. Microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. *II Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelo. "Herramientas Microbiológicas para una Agricultura Sustentable"* .8-9. Azul (Buenos Aires): UNICEN. 9 y 10 de Septiembre.
- Ferraris, G; Couretot, L y Magnone, G; 2012. Nutrición del Cultivo de Arveja. Experiencias de la Campaña 2011/12. Área de Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino, Proyecto Regional Agrícola, CRBAN.
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric Sci.*105:447-461.
- Hass D. y G. Défago. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonas. *Nat Rev Microbiol*. 2005 Apr; 3 (4): 307-19. Review.
- INTA. 1987. Recomendaciones prácticas para el cultivo de arveja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Pedro. 1987.

- Knott, C. M. 1987. A key for stage development of the pea (*Pisum sativum*). Ann. Appl. Biol. 111: 233 - 244.
- Meadley, J.T . and Millourn, G,M, 1971. The Growth of peas. The effect of shading of abscission of flowers and pods. Volume 77. August 1971. 103-108.
- Monte Vazquez, E.; Grondona España, I.; Prieto, M. R. 1998. Control Biológico. Principios Generales y aplicación de Biofungicidas en Agricultura. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Nuevo Informe sobre el Mercado de Legumbres, Abril de 2013. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas\(dma\(Newletters/nro71/hllegumbres.php](http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas(dma(Newletters/nro71/hllegumbres.php)
- Okon Y. y C. Labandera-Gonzalez.1994. Agronomic applications of Azospirillum: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem. 26:1591-1601
- Puente M. y A. Peticari. 2006. Inoculación de trigo con Azospirillum. Trigo en Siembra Directa. 97-99. Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AAPRESID.
- Prietto, G. 2013. Claves para el manejo nutricional de arveja. Rev. Para Mejorar la Producción. EEA INTA Oliveros. 50:91-96.
- Prietto, G. y Salvagiotti; 2010. Fertilización con fósforo y azufre en Arveja (*Pisum sativum*) en el Sudeste de Santa Fe. XXII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo pp 158.
- Prietto,G.,&Vita,E.2010.Diponible:[http://www.inta.gov.ar/oliveros/actual/doc/Relevamiento\\_de\\_%C3%A1rea\\_de\\_cultivos\\_de\\_invierno\\_en\\_el\\_%C3%A1rea\\_de\\_la\\_ER\\_INTA\\_Arroyo\\_Seco.pdf](http://www.inta.gov.ar/oliveros/actual/doc/Relevamiento_de_%C3%A1rea_de_cultivos_de_invierno_en_el_%C3%A1rea_de_la_ER_INTA_Arroyo_Seco.pdf).Recuperado el 5 de 7 de 2012
- Prietto, G. y Vita, E. 2010. Relevamiento de la superficie de cultivos de invierno en el área de AER INTA Arroyo Seco.
- Prietto, G. y Vita, E. 2009. Relevamiento de la superficie de cultivos de invierno en el área de AER INTA Arroyo Seco.
- Racca, R, W.;Inoculación en Soja: Una herramienta fundamental para maximizar la productividad. INTA - IFIVE.
- Rennie, R.J., S. Dubetz. 1986. Nitrogen-15-Determined Nitrogen Fixation in Field-Grown Chick Pea, Lentil, Fababean, and Field Pea. Agron. J. 78:654:660.
- Russo A., C.Felici, A.Toffanim, M.Gotz, C.Collados, J.M. Barea, Y. Moenne-Loccoz, K. Smalla, Vanderleyden J, Nuti M. 2005. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biol Fertil Soils 4 I: 301-309.
- Toresani, S. ; Prietto, G. ; Salvagiotti, F. ; Vitta, E. ; Tirelli, J. M. ; Zari, F. 2013 Respuesta a la inoculación y a la nutrición con fósforo y azufre en cultivo de arveja, en el sur de Santa Fe. Para Mejorar la Producción. EEA INTA Oliveros. 50:97-103.

Valverde, C., & Ferraris, G. 2010. Las Pseudomonas. Un grupo heterogéneo con diversos mecanismos promotores del desarrollo vegetal. *Promotores del crecimiento vegetal*. Peticari, A, M. Puente y J. García (en prensa).

Vosatka, M., M. Gryndler. 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Appl. Soil Ecol.*, 11: 245-251.

## ANEXOS

**ANEXO 1.** Escala fenológica sugerida por Knott (Knott, 1987) para la descripción de las diferentes etapas de desarrollo.

Estados	Códigos	Definición	Descripción
Emergencia	000	Semilla Seca	
	001	Semilla Imbibida	
	002	Aparición de la Radícula	
	003	Aparición de Plúmula	
	004	Emergencia	
Estados Vegetativos	101	Primer Nudo Visible	-Hoja totalmente desplegada sin zarcillos
	102	Segundo Nudo	-Hoja con un par de foliolo y zarcillo simple
	10 n	Enésimo Nudo en Tallo Principal	-n número de nudo en tallo principal con hoja totalmente expandida
Estados Reproductivos	201	Pimpollo Floral en Brácteas	-Pequeño pimpollo encerrado en el ápice del tallo principal
	202	Pimpollo Visible	-Pimpollo expuesto fuera de las brácteas
	203	Primera Flor Abierta	
	204	Fijación de Grano	-Presencia de vaina inmadura
	205	Vaina Plana	
	206	Vaina Engrosada	-Desarrollo completo de las vainas pero con las vainas inmaduras
	207	Llenado de Grano	
	208	Semilla Verde Arrugada	-Pérdida de humedad del grano pero aún de color verde
	209	Semilla Amarilla Arrugada	-Pérdida de color del grano
Senescencia	301	Vainas inferiores secas de color marrón	
	302	Vainas superiores en estado 209	
	303	Todas las Vainas de color marrón. Humedad de cosecha.	

**ANEXO 2.** Necesidades nutritivas del cultivo de Arveja e Índices de Cosecha (IC).

<b>Nutriente</b>	<b>Requerimiento (kg/Tn grano)</b>	<b>Índice de Cosecha (IC)</b>
Nitrógeno (N)	42	0,72
Fósforo (P)	5	0,82
Potasio (K)	24	0,32
Magnesio (Mg)	4	0,3
Azufre (S)	2	0,57

**ANEXO 3.** Detalle de los productos utilizados en el ensayo.

**RILEGUM:** Inoculante conteniendo bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae*) para el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), vicia (*Vicia sp.*) o lenteja (*Lens culinaris*), haba (*Vicia faba*), habichuela (*Vicia faba se minor*) y lentejones (*Lens culinaris se macrosperma*).

**RIZOSPIRILLUM:** Inoculante que contiene *Azospirillum brasilense*, bacteria con efecto promotor del crecimiento vegetal.

**RIZOFOS:** Inoculante para el cultivo de trigo, conteniendo bacterias solubilizadoras de fósforo de la especie *Pseudomonas fluorescens*.

**MAXIM EVOLUTION:** Fungicida de amplio espectro, compuesto por los siguientes principios activos: Tiabendazole 15 % p/v: 2-(4-tiazolil-benzimidazol) Fludioxonil 2,5 % p/v: 4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)-1Hpirrol-3-carbonitrilo Metalaxil-M 2 % p/v: N-(2,6-dimetilfenil)-N-(2'-metoxiacetil)-Dalanina metil ester.

**ANEXO 4.** Características de la variedad utilizada.

Variedad	Origen	Color	Foliosidad	Porte	Tamaño de Semilla	Días a Floración <sup>1</sup>
Pampa	Arves	Verde	Foliosa	Rastrero	Mediano	57

(1) Días desde emergencia hasta 50% de plantas con flores.

**ANEXO 5.** Resultados del Análisis Químico de Suelo.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,5	12,7	8,5	2,8	0,140	1,6

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 1, parcelas no fertilizadas.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,4	9	5,8	2,7	0,130	1,6

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 1, parcelas fertilizadas

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,4	14	5,9	2,8	0,130	1,6

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 2, parcelas no fertilizadas.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,4	8,3	5,3	2,6	0,130	1,5

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 2, parcelas fertilizadas.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,3	15,3	15,1	2,4	0,120	1,33

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 3, parcelas no fertilizadas.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
5,3	14,4	10	2,34	0,140	1,36

Resultado de las muestras correspondientes al bloque 3, parcelas fertilizadas.

**ANEXO 6.** Resultados del Análisis Microbiológico de Suelo.

Repetición	Bacterias/ g de suelo
1	1,70 E + 06
2	5,80 E + 04
3	1,70 E + 05

**ANEXO 7.** Resultados del Análisis Químico del Suelo de Alpachiri utilizado como sustrato en cámara de crecimiento en condiciones controladas.

pH	Nitrógeno de Nitratos (NO <sub>3</sub> )	Fósforo Asimilable (ppm)	M.O (%)	Nitrógeno Total	Carbono
6,3	35,1	25,9	3,1	0,154	1,79

**ANEXO 8.** Precipitaciones durante el ciclo del cultivo de Arveja para el periodo comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 31 de Diciembre de 2012. Datos de la EEA INTA Pergamino. Se remarca los meses que ocupó el cultivo de Arveja.

DÍA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1				0,3		4		
2			7			9		
3				17				3
4					6,5			
5			2		1			
6		0,2			1,2	73		1
7				26	32	11		25
8				11	1	8		
9				1				
10	23					1	23	
11								0,2
12								
13								
14	0,2							
15				94,7				12
16						35		8
17				16	3,5			14
18	20	3,5		40			20	0,6
19	9,5				34			3
20						22		22
21	9,5			1				
22	57,5					59,5	49	
23	7					2,5		
24				23				
25								
26						1,5		
27								
28								
29		0,5				21		
30						53	44	
31								
<b>TOTAL (mm)</b>	<b>126,6</b>	<b>4,2</b>	<b>8,9</b>	<b>229,8</b>	<b>79,1</b>	<b>300,3</b>	<b>135,9</b>	<b>88,6</b>

**ANEXO 9.** Temperatura media diaria (°C) durante el ciclo del cultivo de Arveja para el periodo comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 31 de Diciembre de 2012. Datos de la EEA INTA Pergamino. Se remarca los meses que ocupó el cultivo de Arveja.

DÍA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	12,9	13,7	16,7	7,1	17	19,4	18,8	20
2	12,9	13,8	9,8	5,9	17,5	14,2	20,2	24
3	15,8	10	6,2	10,9	10,3	15,3	23,4	25
4	18,6	6,3	3,9	9,9	13,3	12,4	22,4	24,5
5	19,4	8	5	10,9	11,5	18,2	23,4	26,6
6	18,3	1,3	4,8	10,9	12,5	19,4	25,5	22,6
7	20,4	3	5,4	10,1	15,4	17	27,3	18,9
8	22,0	5,5	6,9	9,1	18,5	16	26,2	20,5
9	20,9	6,2	5,8	14	13,6	14,3	18,9	23,4
10	14,9	8,1	4,5	14,3	15,5	9,9	14,6	22,5
11	11,2	8,9	4	16,7	11,9	10,9	16,4	20,5
12	8,4	14,5	7,5	6,9	16	15,3	15,3	23,9
13	9,4	19,2	9,4	5,6	18,6	16,5	17,3	21,7
14	11,4	14,9	5	10,3	18,9	20,8	18,9	23
15	13,1	10,2	2,8	12,6	20,7	16,7	20	23,5
16	17,5	5,6	1,4	15	18,9	13,7	21,4	20,9
17	18,9	3,9	3,5	15,5	15,8	15,4	21,3	17,1
18	15	5,1	8	9	11,6	15,8	17,6	18,6
19	12	8,9	9,3	14	10,6	16,6	20,5	21,1
20	17	9,7	8,8	9	10,9	19,4	22,5	20,1
21	13,4	10,1	8,5	10,8	10,9	18,5	24,3	19,1
22	12,9	10,4	6	18,5	11,3	16,9	19,4	21,6
23	13,8	9,4	7,9	14,3	16,3	13,4	16,7	25,8
24	15,8	11,5	1,4	10,1	9,2	16,4	17,9	30,6
25	15,3	6,1	2,4	6,2	7,1	17	17,9	21,6
26	16,3	11,5	5,9	5,8	7,1	21,4	22,3	17,9
27	16,8	17,2	2,5	5,9	11,2	21,2	23,7	17,6
28	16,1	14,4	8,9	7,9	14,5	23,1	24,4	21,6
29	17	14,6	1,2	11,7	18,5	19	21	22
30	11,7	12,2	2,3	13,7	19,4	18,4	18,7	26,5
31	10,5		5,5	16,9		18,8		21,8
<b>Temperatura Media (°C)</b>	<b>15,1</b>	<b>9,8</b>	<b>5,8</b>	<b>10,9</b>	<b>14,1</b>	<b>16,8</b>	<b>20,6</b>	<b>22,1</b>

**ANEXO 10.** Humedad Relativa (%) durante el ciclo del cultivo de Arveja para el periodo comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 31 de Diciembre de 2012. Datos de la EEA INTA Pergamino. Se remarca los meses que ocupó el cultivo de Arveja.

DÍA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	74	69	98	82	81	72	77	70
2	71	67	78	98	75	90	70	69
3	69	69	76	97	85	72	74	79
4	79	87	98	91	93	78	77	77
5	71	73	66	81	99	87	69	80
6	80	91	70	95	100	79	68	94
7	78	64	71	99	100	99	59	78
8	72	65	68	73	72	99	67	72
9	74	60	72	72	69	85	88	69
10	84	66	73	83	73	76	79	77
11	75	69	70	65	77	78	74	64
12	72	84	65	66	70	75	66	63
13	70	87	62	94	70	73	68	51
14	70	80	67	100	72	75	73	65
15	63	85	76	100	75	94	70	67
16	77	73	73	100	71	99	69	77
17	76	95	71	99	80	80	71	72
18	92	96	69	77	97	77	85	82
19	85	87	67	90	71	86	70	91
20	99	83	67	76	77	84	68	71
21	100	71	64	85	67	85	69	63
22	100	60	70	89	63	89	85	75
23	98	75	75	82	69	82	72	74
24	90	67	65	70	68	69	62	70
25	94	76	65	76	67	74	69	64
26	95	82	71	72	67	67	71	63
27	96	83	74	74	70	73	67	65
28	98	85	68	74	78	82	67	66
29	67	74	59	80	73	98	74	63
30	71	100	64	77	67	81	81	73
31	75		84	81		78		63

**ANEXO 11.** Evapotranspiración (EVT) en mm durante el ciclo del cultivo de Arveja para el periodo comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 31 de Diciembre de 2012. Datos de la EEA INTA Pergamino. Se remarca los meses que ocupó el cultivo de Arveja.

DÍA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1,3	1,3	2,1	0,6	2,8	3,5	4	4,2
2	1,3	1,3	0,9	0,4	3	2,1	4,5	5,6
3	1,8	0,8	0,4	1,2	1,2	2,4	5,7	6
4	2,4	0,4	0,2	1	1,9	1,7	5,3	5,8
5	2,5	0,5	0,3	1,2	1,5	3,1	5,7	6,6
6	2,3	0	0,3	1,2	1,7	3,5	6,6	5,1
7	2,8	0,1	0,3	1	2,4	2,8	7,3	3,8
8	3,1	0,3	0,5	0,9	3,3	2,6	6,9	4,3
9	2,9	0,4	0,4	1,8	2	2,1	4	5,4
10	1,6	0,6	0,2	1,8	2,4	1,2	2,6	5
11	1	0,6	0,2	2,3	1,6	1,4	3,2	4,3
12	0,6	1,5	0,6	0,5	2,6	2,4	2,8	5,6
13	0,8	2,3	0,8	0,4	3,3	2,7	3,5	4,8
14	1,1	1,5	0,3	1	3,4	3,9	4	5,2
15	1,3	0,8	0,1	1,5	3,9	2,7	4,4	5,4
16	2,2	0,3	0	2	3,2	2	4,9	4,5
17	2,4	0,2	0,2	2,1	2,5	2,4	4,9	3,2
18	1,7	0,3	0,6	0,8	1,5	2,5	3,6	3,7
19	1,2	0,7	0,8	1,8	1,3	2,7	4,6	4,5
20	2	0,7	0,7	0,8	1,4	3,5	5,4	4,2
21	1,4	0,8	0,7	1,1	1,4	3,2	6,1	3,8
22	1,3	0,8	0,4	2,8	1,5	2,8	4,2	4,7
23	1,5	0,7	0,6	1,8	2,6	2,9	3,3	6,3
24	1,8	1	0	1	1	2,6	3,7	8,4
25	1,7	0,3	0,1	0,5	0,7	2,8	3,7	4,7
26	1,9	1	0,4	0,4	0,7	4,1	5,3	3,5
27	2	1,9	0,1	0,4	1,4	4	5,8	3,4
28	1,9	1,4	0,7	0,7	2,2	4,7	6,1	4,7
29	2,1	1,5	0	1,3	3,3	3,4	4,8	4,9
30	1,1	1,1	0,1	1,7	3,5	3,2	3,9	6,6
31	0,9		0,3	2,4		3,3		4,8
<b>TOTAL (mm)</b>	<b>54</b>	<b>25,1</b>	<b>13</b>	<b>38,2</b>	<b>65,3</b>	<b>87,2</b>	<b>140,8</b>	<b>152,9</b>

**ANEXO 12.** Radiación (MJ/m<sup>2</sup>\*día) durante el ciclo del cultivo de Arveja para el periodo comprendido entre el 1 de Mayo de 2012 y el 30 de Noviembre de 2012. Datos de la EEA INTA Pergamino. Se remarca los meses que ocupó el cultivo de Arveja.

DÍA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	12,6	3	13,8	15,5	14,1	22,7	17,6
2	6	3	3,6	16	21,1	25,9	27,2
3	12,4	3	8	16,2	6,1	10,9	26,7
4	11,9	10,2	6	19	22,6	25,2	12,5
5	10,3	5,1	3,7	5	21,4	13,4	23
6	5,9	8,5	3,7	5,5	7,4	10,3	25,9
7	12,8	10,5	7	5	6,3	22,3	12,8
8	12,5	12,5	7,4	5	6,3	21,9	27,2
9	11,2	12,2	3,8	5	6,4	23,9	27,2
10	12,5	12,3	3,9	17,6	7,3	26,8	27,4
11	9,5	11,1	14,1	15,2	21,9	10,6	14,3
12	10,1	8,7	13,8	17	21,3	17	28,2
13	9,8	11,7	10	17,1	21,9	19,3	27,9
14	5,3	11,6	15,2	19,9	23,5	26,2	27,1
15	4,9	12,6	11,8	20,9	21,1	25,6	14,6
16	5,7	5,8	4,1	21,3	6,7	26,1	23,9
17	3	12,2	4,1	10,8	6,7	27,1	14,9
18	11,2	12,4	4,1	18	19,8	23,7	9,8
19	3	10,4	4,2	12,6	21,7	14	15,9
20	3	11,1	4,2	5,5	8,4	13,5	10
21	9,3	13	14,2	17,7	6,9	27,3	22,7
22	11,7	12,4	4,3	8,1	7,6	24,6	29,2
23	10,6	12,3	14,7	17,7	10	21,8	28
24	11,5	11,3	14,7	15,7	19,3	14,6	22,2
25	10,1	12,7	4,7	7,7	22,7	25,5	29
26	11,5	12,8	15,2	5,8	25,5	27,8	24,4
27	11,3	13,6	14,9	16,9	28,2	19,9	28,9
28	11,8	14,5	16,5	21,1	27,2	22,2	25,9
29	9,2	14,5	18	21,7	15,6	27,9	27
30	3	14,6	18,6	6	7,2	11,1	19,7
31	11,7		17,1	19		22	

**ANEXO 13.** Plantas por unidad de superficie (Plantas/m<sup>2</sup>).

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Plantas/m <sup>2</sup>
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	81,8
	FI – P2		P2: Ps	80,3
	FI – P3		P3: Az + Ps	79,4
	FI – P4		P4: Sin PGPM	80,7
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	79,2
	FI – P2		P2: Ps	78
	FI – P3		P3: Az + Ps	79,6
	FI – P4		P4: Sin PGPM	77,9
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	79,9
	FI – P2		P2: Ps	79,6
	FI – P3		P3: Az + Ps	81,5
	FI – P4		P4: Sin PGPM	79,8
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	81,3
	FII – P2		P2: Ps	79,6
	FII – P3		P3: Az + Ps	83
	FII – P4		P4: Sin PGPM	81,4
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	81,1
	FII – P2		P2: Ps	78,8
	FII – P3		P3: Az + Ps	82,2
	FII – P4		P4: Sin PGPM	80,3
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	83,4
	FII – P2		P2: Ps	80,7
	FII – P3		P3: Az + Ps	81,9
	FII – P4		P4: Sin PGPM	79,2

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Plantas/m <sup>2</sup>
FI – P1	FI-0	P1: Az	80,3
FI – P2		P2: Ps	79,3
FI – P3		P3: Az + Ps	80,2
FI – P4		P4: Sin PGPM	79,5
FI – P1	FII-100	P1: Az	81,9
FI – P2		P2: Ps	79,7
FI – P3		P3: Az + Ps	82,4
FI – P4		P4: Sin PGPM	80,3

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Plantas/m <sup>2</sup>	24	0,55	0,36	1,43

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26,55	7	3,79	2,85	0,0393
Fertilización	9,63	1	9,63	7,23	0,0161
PGPM	14,01	3	4,67	3,51	0,0398
Fertilización*PGPM	2,92	3	0,97	0,73	0,5490
Error	21,31	16	1,33		
Total	47,86	23			

### Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,82250

Error: 1,3317 gl: 16

Fertilización	Medias	n	E.E.
P100	81,08	12	0,33 A
P0	79,81	12	0,33 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

### Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,65834

Error: 1,3317 gl: 16

PGPM	Medias	n	E.E.
Az+Ps	81,27	6	0,47 A
Az	81,12	6	0,47 A B
S/PGPM	79,88	6	0,47 A B
Ps	79,50	6	0,47 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

### Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,90474

Error: 1,3317 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.
P100	Az+Ps	82,37	3	0,67 A
P100	Az	81,93	3	0,67 A B
P100	S/PGPM	80,30	3	0,67 A B
P0	Az	80,30	3	0,67 A B
P0	Az+Ps	80,17	3	0,67 A B
P100	Ps	79,70	3	0,67 A B
P0	S/PGPM	79,47	3	0,67 A B
P0	Ps	79,30	3	0,67 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

**ANEXO 14.** Evaluación de vigor en vegetativo. Índice de vigor promedio de 5 observaciones.

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Índice de Vigor
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	2,6
	FI – P2		P2: Ps	3,6
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,8
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2,5
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	2,2
	FI – P2		P2: Ps	2,2
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,8
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2,8
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	2,6
	FI – P2		P2: Ps	2,8
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,6
	FI – P4		P4: Sin PGPM	3
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	1,7
	FII – P2		P2: Ps	2
	FII – P3		P3: Az + Ps	1,8
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	1,9
	FII – P2		P2: Ps	1,8
	FII – P3		P3: Az + Ps	1,9
	FII – P4		P4: Sin PGPM	1,8
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	2,4
	FII – P2		P2: Ps	2,3
	FII – P3		P3: Az + Ps	1,7
	FII – P4		P4: Sin PGPM	1,3

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Índice de Vigor
FI – P1	FI-0	P1: Az	2,5
FI – P2		P2: Ps	2,9
FI – P3		P3: Az + Ps	2,7
FI – P4		P4: Sin PGPM	2,8
FI – P1	FII-100	P1: Az	2
FI – P2		P2: Ps	2
FI – P3		P3: Az + Ps	1,8
FI – P4		P4: Sin PGPM	1,7

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Vigor Vegetativo	24	0,71	0,58	15,06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,58	7	0,65	5,47	0,0024
Fertilización	4,08	1	4,08	34,15	<0,0001
PGPM	0,19	3	0,06	0,54	0,6602
Fertilización*PGPM	0,30	3	0,10	0,83	0,4964
Error	1,91	16	0,12		
Total	6,49	23			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,24648

Error: 0,1196 gl: 16

Fertilización	Medias	n	E.E.
P100	1,88	12	0,10 A
P0	2,71	12	0,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,49695

Error: 0,1196 gl: 16

PGPM	Medias	n	E.E.
Az	2,23	6	0,14 A
S/PGPM	2,23	6	0,14 A
Az+Ps	2,27	6	0,14 A
Ps	2,45	6	0,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,87045

Error: 0,1196 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.
P100	S/PGPM	1,70	3	0,20 A
P100	Az+Ps	1,80	3	0,20 A
P100	Az	2,00	3	0,20 A B
P100	Ps	2,03	3	0,20 A B
P0	Az	2,47	3	0,20 A B
P0	Az+Ps	2,73	3	0,20 B
P0	S/PGPM	2,77	3	0,20 B
P0	Ps	2,87	3	0,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

**ANEXO 15.** Evaluación de vigor en floración. Índice de vigor promedio de 5 observaciones.

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Índice de Vigor
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	2,2
	FI – P2		P2: Ps	3
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,6
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2,5
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	3
	FI – P2		P2: Ps	2,8
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,2
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2,7
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	3
	FI – P2		P2: Ps	3
	FI – P3		P3: Az + Ps	2,8
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2,8
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	1,4
	FII – P2		P2: Ps	2
	FII – P3		P3: Az + Ps	1,5
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2,5
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	1,9
	FII – P2		P2: Ps	2,1
	FII – P3		P3: Az + Ps	1,9
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2,2
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	2
	FII – P2		P2: Ps	2,4
	FII – P3		P3: Az + Ps	2
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2,1

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Índice de Vigor
FI – P1	FI-0	P1: Az	2,7
FI – P2		P2: Ps	2,9
FI – P3		P3: Az + Ps	2,5
FI – P4		P4: Sin PGPM	2,7
FI – P1	FII-100	P1: Az	1,8
FI – P2		P2: Ps	2,2
FI – P3		P3: Az + Ps	1,8
FI – P4		P4: Sin PGPM	2,3

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Vigor Floración	24	0,76	0,66	11,64

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,91	7	0,56	7,41	0,0005
Fertilización	3,08	1	3,08	40,86	<0,0001
PGPM	0,58	3	0,19	2,57	0,0905
Fertilización*PGPM	0,25	3	0,08	1,10	0,3788
Error	1,21	16	0,08		
Total	5,12	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,19574

Error: 0,0754 gl: 16

Fertilización	Medias	n	E.E.	
P100	2,00	12	0,08	A
P0	2,72	12	0,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,39465

Error: 0,0754 gl: 16

PGPM	Medias	n	E.E.	
Az+Ps	2,17	6	0,11	A
Az	2,25	6	0,11	A
S/PGPM	2,47	6	0,11	A
Ps	2,55	6	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,69126

Error: 0,0754 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.	
P100	Az	1,77	3	0,16	A
P100	Az+Ps	1,80	3	0,16	A
P100	Ps	2,17	3	0,16	A B
P100	S/PGPM	2,27	3	0,16	A B C
P0	Az+Ps	2,53	3	0,16	B C
P0	S/PGPM	2,67	3	0,16	B C
P0	Az	2,73	3	0,16	B C
P0	Ps	2,93	3	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

**ANEXO 16.** Peso de mil semillas (P1000)

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	P1000 (g)
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	136
	FI – P2		P2: Ps	142
	FI – P3		P3: Az + Ps	141
	FI – P4		P4: Sin PGPM	135
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	137
	FI – P2		P2: Ps	141,8
	FI – P3		P3: Az + Ps	143,7
	FI – P4		P4: Sin PGPM	145
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	138
	FI – P2		P2: Ps	139
	FI – P3		P3: Az + Ps	141,3
	FI – P4		P4: Sin PGPM	138,8
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	136
	FII – P2		P2: Ps	141
	FII – P3		P3: Az + Ps	137
	FII – P4		P4: Sin PGPM	137,3
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	138
	FII – P2		P2: Ps	147
	FII – P3		P3: Az + Ps	139,5
	FII – P4		P4: Sin PGPM	138
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	146,6
	FII – P2		P2: Ps	142,8
	FII – P3		P3: Az + Ps	141,5
	FII – P4		P4: Sin PGPM	136,3

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	P1000 (g)
FI – P1	FI-0	P1: Az	137
FI – P2		P2: Ps	141,6
FI – P3		P3: Az + Ps	142
FI – P4		P4: Sin PGPM	139,6
FI – P1	FII-100	P1: Az	140,2
FI – P2		P2: Ps	143,6
FI – P3		P3: Az + Ps	139,3
FI – P4		P4: Sin PGPM	137,2

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P1000	24	0,40	0,14	2,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	105,94	7	15,13	1,54	0,2231
Fertilización	0,24	1	0,24	0,02	0,8777
PGPM	60,61	3	20,20	2,06	0,1461
Fertilización*PGPM	45,09	3	15,03	1,53	0,2447
Error	156,99	16	9,81		
Total	262,93	23			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=2,23265

Error: 9,8121 gl: 16

Fertilización	Medias	n	E.E.
P100	140,08	12	0,90 A
P0	139,88	12	0,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=4,50150

Error: 9,8121 gl: 16

PGPM	Medias	n	E.E.
Ps	142,27	6	1,28 A
Az+Ps	140,67	6	1,28 A
Az	138,60	6	1,28 A
S/PGPM	138,40	6	1,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=7,88479

Error: 9,8121 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.
P100	Ps	143,60	3	1,81 A
P0	Az+Ps	142,00	3	1,81 A
P0	Ps	140,93	3	1,81 A
P100	Az	140,20	3	1,81 A
P0	S/PGPM	139,60	3	1,81 A
P100	Az+Ps	139,33	3	1,81 A
P100	S/PGPM	137,20	3	1,81 A
P0	Az	137,00	3	1,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

**ANEXO 17.** Número de Granos por unidad de superficie (NG/m<sup>2</sup>)

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	NG
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	1941
	FI – P2		P2: Ps	1962
	FI – P3		P3: Az + Ps	1838
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2002
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	1748
	FI – P2		P2: Ps	1758
	FI – P3		P3: Az + Ps	1973
	FI – P4		P4: Sin PGPM	1719
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	1842
	FI – P2		P2: Ps	1758
	FI – P3		P3: Az + Ps	1764
	FI – P4		P4: Sin PGPM	1796
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	2444
	FII – P2		P2: Ps	2115
	FII – P3		P3: Az + Ps	2391
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2492
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	2373
	FII – P2		P2: Ps	2220
	FII – P3		P3: Az + Ps	2523
	FII – P4		P4: Sin PGPM	1913
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	2314
	FII – P2		P2: Ps	2311
	FII – P3		P3: Az + Ps	2367
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2348

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	NG/m2
FI – P1	FI-0	P1: Az	1844
FI – P2		P2: Ps	1826
FI – P3		P3: Az + Ps	1858
FI – P4		P4: Sin PGPM	1839
FI – P1	FII-100	P1: Az	2377
FI – P2		P2: Ps	2215
FI – P3		P3: Az + Ps	2427
FI – P4		P4: Sin PGPM	2251

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NG/m2	24	0,81	0,73	6,96

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1451279,33	7	207325,62	9,90	0,0001
Fertilización	1358504,17	1	1358504,17	64,84	<0,0001
PGPM	57553,33	3	19184,44	0,92	0,4555
Fertilización*PGPM	35221,83	3	11740,61	0,56	0,6488
Error	335212,00	16	20950,75		
Total	1786491,33	23			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=103,16668

Error: 20950,7500 gl: 16

Fertilización Medias n E.E.

P100 2317,58 12 41,78 A

P0 1841,75 12 41,78 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=208,00619

Error: 20950,7500 gl: 16

PGPM Medias n E.E.

Az+Ps 2142,67 6 59,09 A

Az 2110,33 6 59,09 A

S/PGPM 2045,00 6 59,09 A

Ps 2020,67 6 59,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=364,34186

Error: 20950,7500 gl: 16

Fertilización PGPM Medias n E.E.

P100 Az+Ps 2427,00 3 83,57 A

P100 Az 2377,00 3 83,57 A

P100 S/PGPM 2251,00 3 83,57 A

P100 Ps 2215,33 3 83,57 A B

P0 Az+Ps 1858,33 3 83,57 B C

P0 Az 1843,67 3 83,57 C

P0 S/PGPM 1839,00 3 83,57 C

P0 Ps 1826,00 3 83,57 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

**ANEXO 18.** Rendimiento en grano por unidad de superficie (kg/ha).

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Rendimiento (Kg/ha)
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	2640
	FI – P2		P2: Ps	2786
	FI – P3		P3: Az + Ps	2591
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2703
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	2395
	FI – P2		P2: Ps	2493
	FI – P3		P3: Az + Ps	2835
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2493
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	2542
	FI – P2		P2: Ps	2444
	FI – P3		P3: Az + Ps	2493
	FI – P4		P4: Sin PGPM	2493
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	3324
	FII – P2		P2: Ps	3300
	FII – P3		P3: Az + Ps	3275
	FII – P4		P4: Sin PGPM	3201
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	3275
	FII – P2		P2: Ps	2982
	FII – P3		P3: Az + Ps	3349
	FII – P4		P4: Sin PGPM	3422
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	3392
	FII – P2		P2: Ps	3264
	FII – P3		P3: Az + Ps	3520
	FII – P4		P4: Sin PGPM	2640

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Rendimiento (kg/ha)
FI – P1 FI – P2 FI – P3 FI – P4	FI-0	P1: Az	2525,7
		P2: Ps	2574,3
		P3: Az + Ps	2639,7
		P4: Sin PGPM	2563
FI – P1 FI – P2 FI – P3 FI – P4	FI-100	P1: Az	3330,3
		P2: Ps	3182
		P3: Az + Ps	3381,3
		P4: Sin PGPM	3087,7

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	24	0,82	0,75	6,73

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2874768,00	7	410681,14	10,69	0,0001
Fertilización	2690720,67	1	2690720,67	70,07	<0,0001
PGPM	111630,33	3	37210,11	0,97	0,4316
Fertilización*PGPM	72417,00	3	24139,00	0,63	0,6070
Error	614414,00	16	38400,88		
Total	3489182,00	23			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=139,67228

Error: 38400,8750 gl: 16

Fertilización	Medias	n	E.E.
P100	3245,33	12	56,57 A
P0	2575,67	12	56,57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=281,60932

Error: 38400,8750 gl: 16

PGPM	Medias	n	E.E.
Az+Ps	3010,50	6	80,00 A
Az	2928,00	6	80,00 A
Ps	2878,17	6	80,00 A
S/PGPM	2825,33	6	80,00 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=493,26448

Error: 38400,8750 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.
P100	Az+Ps	3381,33	3	113,14 A
P100	Az	3330,33	3	113,14 A
P100	Ps	3182,00	3	113,14 A
P100	S/PGPM	3087,67	3	113,14 A B
P0	Az+Ps	2639,67	3	113,14 B C
P0	Ps	2574,33	3	113,14 C
P0	S/PGPM	2563,00	3	113,14 C
P0	Az	2525,67	3	113,14 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

**ANEXO 19.** Materia Seca (kg/ha) en floración.

Repetición	Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	MS (Kg/ha)
I	FI – P1	FI-0	P1: Az	728,46
	FI – P2		P2: Ps	585,85
	FI – P3		P3: Az + Ps	471,96
	FI – P4		P4: Sin PGPM	467,89
II	FI – P1	FI-0	P1: Az	580,72
	FI – P2		P2: Ps	322,16
	FI – P3		P3: Az + Ps	502,74
	FI – P4		P4: Sin PGPM	430,87
III	FI – P1	FI-0	P1: Az	796,18
	FI – P2		P2: Ps	504,79
	FI – P3		P3: Az + Ps	450,41
	FI – P4		P4: Sin PGPM	511,25
I	FII – P1	FII-100	P1: Az	1083,46
	FII – P2		P2: Ps	708,97
	FII – P3		P3: Az + Ps	1196,32
	FII – P4		P4: Sin PGPM	928,53
II	FII – P1	FII-100	P1: Az	1178,87
	FII – P2		P2: Ps	698,71
	FII – P3		P3: Az + Ps	926,48
	FII – P4		P4: Sin PGPM	596,11
III	FII – P1	FII-100	P1: Az	794,12
	FII – P2		P2: Ps	730,51
	FII – P3		P3: Az + Ps	944,95
	FII – P4		P4: Sin PGPM	618,68

PROMEDIO DE LAS TRES REPETICIONES			
Tratamiento	Fertilización (Kg/ha)	PGPM	Materia Seca (kg/ha)
FI – P1 FI – P2 FI – P3 FI – P4	FI-0	P1: Az	701,79
		P2: Ps	470,93
		P3: Az + Ps	475,04
		P4: Sin PGPM	470,00
FI – P1 FI – P2 FI – P3 FI – P4	FII-100	P1: Az	1018,81
		P2: Ps	712,50
		P3: Az + Ps	1022,58
		P4: Sin PGPM	714,44

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS (kg/ha)	24	0,81	0,72	18,28

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1086098,58	7	155156,94	9,52	0,0001
Fertilización	684257,87	1	684257,87	42,00	<0,0001
PGPM	308303,47	3	102767,82	6,31	0,0050
Fertilización*PGPM	93537,24	3	31179,08	1,91	0,1680
Error	260647,09	16	16290,44		
Total	1346745,67	23			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=90,97166

Error: 16290,4430 gl: 16

Fertilización Medias n E.E.

P100	867,14	12	36,84	A
P0	529,44	12	36,84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=183,41841

Error: 16290,4430 gl: 16

PGPM Medias n E.E.

Az	860,30	6	52,11	A
Az+Ps	748,81	6	52,11	A B
S/PGPM	592,22	6	52,11	B
Ps	591,83	6	52,11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=321,27411

Error: 16290,4430 gl: 16

Fertilización	PGPM	Medias	n	E.E.	
P100	Az+Ps	1022,58	3	73,69	A
P100	Az	1018,82	3	73,69	A
P100	S/PGPM	714,44	3	73,69	A B
P100	Ps	712,73	3	73,69	A B
P0	Az	701,78	3	73,69	A B
P0	Az+Ps	475,04	3	73,69	B
P0	Ps	470,93	3	73,69	B
P0	S/PGPM	470,00	3	73,69	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

**ANEXO 20.** Número y peso de nódulos en raíz primaria y raíces secundarias. Peso aéreo y radicular. Sustrato: Suelo de Alpachiri.

Repetición	Tratamiento	N° Nódulos		mgrs. Nódulos		Peso Seco (gramos)	
		R.P.	R.S.	R.P.	R.S.	Aéreo	Raíz
I	Testigo	0	6	0	10	0,318	0,213
II		0	16	0	12	0,249	0,122
III		0	10	0	15	0,298	0,138
IV		0	1	0	1	0,248	0,105
V		0	12	0	6	0,324	0,168
VI		0	19	0	11	0,200	0,129
VII		0	17	0	18	0,212	0,136
VIII		0	15	0	9	0,270	0,214
IX		0	12	0	21	0,407	0,211
I	<i>Azospirillum</i>	1	6	1	21	0,349	0,153
II		2	11	10	13	0,386	0,154
III		0	9	0	19	0,312	0,142
IV		0	5	0	13	0,362	0,124
V		0	10	0	18	0,274	0,160
VI		0	11	0	26	0,403	0,233
VII		0	5	0	22	0,288	0,161
VIII		0	10	0	11	0,250	0,133
IX		0	11	0	7	0,247	0,125
I	<i>Pseudomona</i>	1	16	1	11	0,282	0,184
II		4	15	2	8	0,262	0,157
III		3	5	16	3	0,276	0,165
IV		4	1	10	1	0,423	0,155
V		0	10	0	7	0,277	0,173
VI		0	6	0	21	0,345	0,174
VII		0	7	0	15	0,360	0,187
VIII		0	19	0	13	0,310	0,194
IX		0	9	0	22	0,296	0,133
I	<i>Azospirillum</i> + <i>Pseudomona</i>	0	3	0	2	0,433	0,211
II		1	8	1	16	0,158	0,347
III		1	6	9	11	0,366	0,154
IV		1	15	1	11	0,323	0,171
V		2	13	11	12	0,277	0,142
VI		1	8	6	13	0,340	0,139
VII		4	13	2	12	0,384	0,096
VIII		2	3	5	7	0,372	0,143
IX		5	2	24	1	0,359	0,156

## Sustrato: Suelo de Alpachiri

### Análisis Número de Nódulos en Raíz Principal

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Nódulos RP	36	0,29	0,22	141,87

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,67	3	6,89	4,33	0,0114
Tratamiento	20,67	3	6,89	4,33	0,0114
Error	50,89	32	1,59		
Total	71,56	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=1,41922

Error: 1,5903 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az + Ps	1,89	9	0,42 A
Ps	1,33	9	0,42 A B
Az	0,33	9	0,42 B
T	0,00	9	0,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

### Análisis Número de Nódulos en Raíces Secundarias

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº Nódulos RS	36	0,10	0,02	51,40

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	86,31	3	28,77	1,19	0,3307
Tratamiento	86,31	3	28,77	1,19	0,3307
Error	776,44	32	24,26		
Total	862,75	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=5,54361

Error: 24,2639 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T	12,00	9	1,64 A
Ps	9,78	9	1,64 A
Az	8,67	9	1,64 A
Az + Ps	7,89	9	1,64 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

## Análisis Peso de Nódulos (miligramos) en Raíz Principal

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Nódulos RP	36	0,21	0,14	183,33

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	221,42	3	73,81	2,90	0,0499
Tratamiento	221,42	3	73,81	2,90	0,0499
Error	813,33	32	25,42		
Total	1034,75	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=5,67377

Error: 25,4167 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az + Ps	6,56	9	1,68 A
Ps	3,22	9	1,68 A B
Az	1,22	9	1,68 A B
T	0,00	9	1,68 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

## Análisis Peso de Nódulos (miligramos) en Raíces Secundarias

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Nódulos RS	36	0,18	0,10	50,72

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	261,64	3	87,21	2,28	0,0982
Tratamiento	261,64	3	87,21	2,28	0,0982
Error	1224,00	32	38,25		
Total	1485,64	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=6,96030

Error: 38,2500 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az	16,67	9	2,06 A
T	11,44	9	2,06 A B
Ps	11,22	9	2,06 A B
Az + Ps	9,44	9	2,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,10)

## Análisis Peso Seco Parte Aérea

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Seco PA	36	0,10	0,01	20,56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	3	4,7E-03	1,13	0,3518
Tratamiento	0,01	3	4,7E-03	1,13	0,3518
Error	0,13	32	4,1E-03		
Total	0,15	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,07223

Error: 0,0041 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az + Ps	0,33	9	0,02 A
Az	0,32	9	0,02 A
Ps	0,31	9	0,02 A
T	0,28	9	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

## Análisis Peso Seco Parte Radicular

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Seco PR	36	0,03	0,00	28,06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,1E-03	3	7,0E-04	0,33	0,8033
Tratamiento	2,1E-03	3	7,0E-04	0,33	0,8033
Error	0,07	32	2,1E-03		
Total	0,07	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,05177

Error: 0,0021 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az + Ps	0,17	9	0,02 A
Ps	0,17	9	0,02 A
T	0,16	9	0,02 A
Az	0,15	9	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

## Análisis Peso Seco Parte Aérea + Peso Seco Parte Radicular

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Seco PA + PR	36	0,11	0,02	15,68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	3	0,01	1,28	0,2987
Tratamiento	0,02	3	0,01	1,28	0,2987
Error	0,18	32	0,01		
Total	0,20	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,08389

Error: 0,0056 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Az + Ps	0,51	9	0,02 A
Ps	0,48	9	0,02 A
Az	0,47	9	0,02 A
T	0,44	9	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,10$ )

**GALERÍA FOTOGRÁFICA**

**FASE A CAMPO**

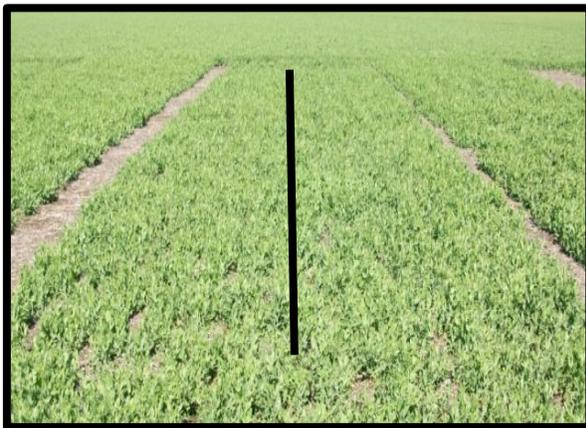
**TRATAMIENTOS – P0 Az (Izquierda) – P0 S/PGPM (Derecha)**



*40 DDS*



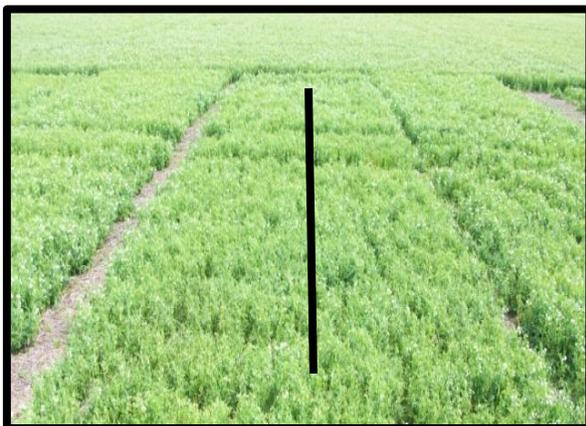
*50 DDS*



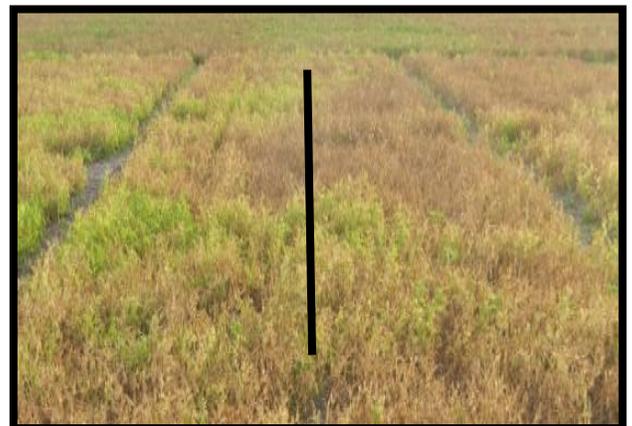
*71 DDS*



*88 DDS*



*94 DDS*



*114 DDS*

TRATAMIENTOS – P100 Az (Izquierda) – P100 Ps (Derecha)



40 DDS



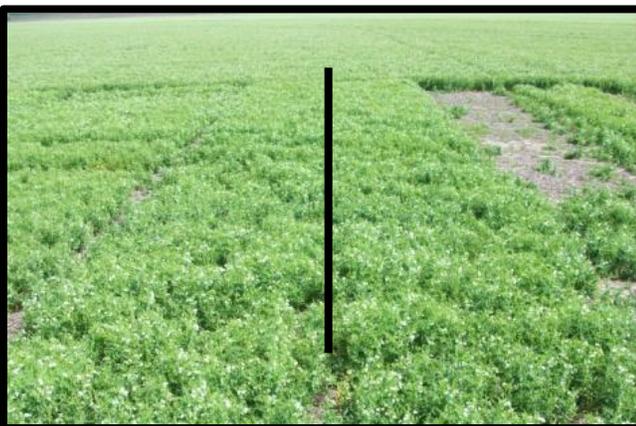
50 DDS



71 DDS



88 DDS



94 DDS



114 DDS

TRATAMIENTOS – P0 Ps (Izquierda) – P0 Az+Ps (Derecha)



40 DDS



50 DDS



71 DDS



88 DDS



94 DDS



114 DDS

TRATAMIENTOS – P100 Az+Ps (Izquierda) – P100 S/PGPM (Derecha)



40 DDS



50 DDS



71 DDS



88 DDS



94 DDS



114 DDS

# FASE EN CÁMARA DE CRECIMIENTO

Sustrato: Suelo de Alpachiri



