Plan de Trabajo Final

Título:

EFECTO DE LA INOCULACION CON *Rhizobium leguminosarum* Y FERTILIZACION SOBRE LA NODULACION Y PRODUCCION DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum*)

Alumno:

DI NARDO, Nicolás

DNI: 40.882.223

Director:

Ing. Agr. Juan Pablo De Benedetto

Co Director:

Ing. Agr. Susana Martinez

Carrera: **Ingeniería Agronómica**

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales

Junín, 5 de Agosto del 2020

Índice

1. **Agradecimientos**……. 3
2. **Resumen**……4
3. **Introducción**……..5
   - **3.1 Cultivo de arveja**……6
   - **3.2 Promotores de crecimiento** ……8
   - **3.3 Fijación biológica de nitrógeno como fuente alternativa de fertilización**……..10
   - **3.4 Efecto combinado de la fertilización fosforada y la inoculación con *Rizhobium leguminisarum* sobre el rendimiento del cultivo**…… .11
4. **Hipótesis**……12
5. **Objetivo general**……12
6. **Objetivos específicos** ……12
7. **Materiales y métodos**……..12
   - **7.1 Análisis estadístico**……..14
8. **Resultados y discusión** ……14
9. **Conclusiones**……18
10. **Bibliografía**……..18

1. Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores, el ingeniero Juan Pablo de Benedetto y a la ingeniera Susana Martínez, que a partir de sus conocimientos y experiencia mi guiaron y apoyaron en las diferentes etapas del proceso de investigación.

Por otra parte, también quiero agradecer a la Universidad Nacional del noroeste argentino y especialmente director del campo experimental “Las Magnolias” Leandro Fariña por darme la posibilidad de llevar a cabo el ensayo en dicho establecimiento y por proveerme de herramientas necesarias para poder ir recolectando datos a lo largo del proyecto

Y por último quiero agradecer a mi familia y amigos, por apoyarme y brindarme ánimos para seguir adelante.

2. Resumen

La arveja, *Pisum sativum,* es una especie anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas, subfamilia Papilinoideas. En nuestro país se cultiva en forma extensiva para abastecer a la industria y en forma intensiva para su consumo fresco. Del volumen total de arvejas producido localmente, el 90% se destina a grano seco para consumo interno y exportación Las variedades de arveja cultivadas son de ciclo corto, sembrándose desde principios de julio hasta mediados de agosto como fecha límite. La Universidad Nacional del Noroeste forma parte la Red de ensayos geográficos desde el año 2012. A partir de este contexto se planificó un ensayo que se llevó a cabo en el partido de Junín, Provincia de Buenos Aires, en parcelas ubicadas en la Estación Experimental "Las Magnolias" perteneciente a la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, (UNNOBA), sobre suelo con barbecho químico preparado y libre de malezas, en parcelas de 6 surcos por 7 metros de largo y un ancho de labor de 1,47 metros, con un distanciamiento entre hileras de 0,21 metros, se realizó una siembra en forma directa de la variedad Yams. La densidad de siembra seleccionada fue de 123 plantas/m^2. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo y en base a los datos arrojados, las parcelas que correspondía a los tratamientos de fertilización fueron fertilizadas con 227 kg MAP/ha. Las plantas que correspondieron a los tratamientos con inoculación sola y combinadas se realizaron con la cepa *Rhizobium. L* provista por la empresa laboratorios ARBO y se empleó una dosis de 3 cm^3 por kilo gramo de semilla. El diseño fue de bloques completos aleatorizados compuesto de 4 tratamientos y 5 repeticiones. Cada parcela represento una unidad experimental (UE) a la que se le asignó un tratamiento, que fueron: T1: Sin inocular y sin fertilizar (Testigo); T2: Sin inocular y fertilización; T3: Con inoculación y sin fertilización y T4: Con inoculación y fertilización

Se cuantificaron las plantas emergidas por metro cuadrado, el Peso de 1000 semillas; la nodulación (número de nódulos en raíz principal) y con el peso fresco (PF) y Peso seco (PS) correspondiente a la biomasa aérea, se calculó el % de MS (PF-PS/PF)* 100, y el Rendimiento.

Los datos fueron sometidos al análisis de la varianza aplicando el test de Tukey 0,05%. Los resultados nos mostraron que todos los tratamientos se diferenciaron significativamente del testigo, en las variables P1000; %MS, Nodulación y Rendimiento, demostrando así el efecto de los tratamientos, mientras que la emergencia de plantas por metros cuadrado depende

más de las condiciones ambientales y de viabilidad de la semilla utilizada. En base a lo anterior resulta promisoria la utilización de fertilización, inoculación o las combinaciones de ambas.

3. Introducción

3.1 Cultivo de arveja.

La arveja, *Pisum sativum,* es una especie anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas, subfamilia Papilinoideas. En nuestro país se cultiva en forma extensiva para abastecer a la industria y en forma intensiva para su consumo fresco. Del volumen total de arvejas producido localmente, el 90% se destina a grano seco para consumo interno y exportación. (Toresani *et al.* 2012).

La República Argentina, gracias al esfuerzo público y privado, ha logrado en esto últimos años posicionarse como proveedor de arveja a nivel mundial, con exportaciones que superaron las 100.000 toneladas en 2011 *(*Prieto *et al.* 2013 d*)*.

El cultivo de arveja está siendo considerada cada vez más como una alternativa viable, tanto por su rentabilidad como por los beneficios como antecesor de los cultivos de verano. (Prieto *et al.* 2013 c).

Desde hace unos años, esta leguminosa se cultiva en diversas áreas del país, constituyendo una alternativa al trigo como cultivo invernal. Datos de la campaña 2011/2012 del área de la AER Arroyo Seco, indican que, del total sembrado en invierno, el 24 % fue arveja (Prieto, G. 2012 b). Durante 2011 la arveja incrementó su participación dentro de los cultivos de invierno en un 3 %, pero en valores absolutos, el área alcanzó las 50.817 has, lo que implicó un aumento de 15.000 has respecto de 2010 (Prieto y De San Vicente, 2011). En el sur de Santa Fe, constituye una alternativa al trigo como cultivo invernal. En la campaña 2011/2012 del área de la AER Arroyo Seco, indican que de todo lo sembrado en invierno, el 24 % es arveja, el 24 % es lenteja y el 45 % es trigo, quedando un 7 % para otros como cebada, colza, garbanzo y verdeos de avena (Prieto, 2012 c) El cultivo incrementó tanto su participación como la superficie total, pasando del 21 % en

2012 al 31% en 2013, creciendo poco más de 6.000 has (Prieto *et al* 2013 d).Datos más recientes indican que si bien no ha incrementado la superficie de producción , si se han elevado los precios a 250 dólares la tonelada, lo que hace atractivo continuar con la producción (Prieto , *et al* , 2019 f)

La información en nuestra región en lo referente a su protección, umbrales de daño en plagas insectiles, tales como trips, pulgones, complejos de chinches, oruga bolillera, isocas cortadoras y otras plagas emergentes es escasa como así también respecto a enfermedades, la identificación de los patógenos, su biología y el manejo de las mismas

Por otra parte, la valoración del efecto del ambiente en el desarrollo de los cultivos es importante para la determinación de zonas aptas y la planificación de la producción. (Pacheco *et al*. 2009 a; Prieto, *et al* 2018; Prieto , *et al* 2019 f)

El hábito de crecimiento de las variedades cultivables es indeterminado, con respuesta fotoperiódica cuantitativa a días largos. Las etapas desde germinación están en función de la temperatura, debiendo acumular a la emergencia entre 120 y 166 Grados Dia (GD) con temperatura base cero (Tb), mientras que, a floración, necesita acumular entre 650 y 700 GD dependiendo de la variedad. Para la descripción de las diferentes etapas de desarrollo se propone la escala sugerida por Knott (1987), en la que se definen los 4 estados principales: emergencia, crecimiento vegetativo, reproductivo y senescencia. Esta clasificación es clave para poner un punto en común en la identificación de la fenología de arveja, con el propósito de usarlo en todo lo referente al manejo del cultivo. Las variedades de arveja cultivadas son de ciclo corto, sembrándose desde principios de julio hasta mediados de agosto como fecha límite. (Prieto, 2009 a). La Universidad Nacional del Noroeste forma parte la Red de ensayos geográficos desde 2012. En el marco de la Red , durante 2014 se evaluaron 8 variedades de arveja resultando , para la región de Junín , Experimental 9 la que se diferenció significativamente por mayor rendimiento comparada con las dos variedades más utilizadas Viper y Facon (Martínez, *et al* , 2014), Asimismo sobre 9 variedades, se ensayaron el efecto de la fertilización, encontrando dos variedades que se diferenciaron mostraron un mayor rendimiento, en general hubo efecto sobre las fases fenológicas y la acumulación de grados días para cada fase no mostró diferencias (Masi., *et al,* 2016)

3.2 Promotores de crecimiento.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la agricultura, en un contexto de deterioro ambiental progresivo, es el de cubrir la demanda creciente de alimentos provocada por el incremento continuo de la población humana. Es ya manifiesto que el cúmulo de acciones tendientes a incrementar la producción extensiva ha producido efectos antropogénicos evidenciables en diversos agroecosistemas, incluyendo la degradación de suelos y acuíferos, y la alteración de los ciclos biogeoquímicos. No obstante, el desarrollo creciente de la agrobiotecnología arroja una luz de esperanza en lo que hace a esta problemática (Cassán y García, 2008).

El mayor conocimiento, como así también el mayor interés por el cuidado del medio ambiente, inmersos en un contexto de rápido y sostenido calentamiento global, han conllevado a que tanto productores como consumidores empiecen a buscar alternativas de producciones sustentables en el tiempo y en armonía con la naturaleza (Rivera Botía, 2008).

Por su parte, las grandes empresas generadoras de tecnología agropecuaria y organismos estatales de investigación, haciéndose eco de las nuevas necesidades han comenzado el desarrollo de insumos biológicos, buscando principalmente el reemplazo de aquellos de síntesis química por otros disponibles en la naturaleza.

En este sentido, es donde cobran importancia los inoculantes biológicos, capaces de favorecer el aumento de producción de forma natural (Fontanetto., *et al*, 2010) minimizando el impacto de la contaminación (Klever *et al*, 2012).

Dentro de este grupo podemos mencionar a los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés, Plant growth-promoting rhizobacteria). Estos se definen como microorganismos habitantes de la rizósfera que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas. Los mecanismos por los cuales los PGPR ejercen efectos positivos sobre las plantas son numerosos. Entre ellos se pueden mencionar la fijación de N2 (ej. Azospirillum), la solubilización de fósforo (P) (ej. Pseudomonas sp.), la capacidad de producir ácidos orgánicos (ácidos oxálico, fumárico y

cítrico) y fosfatasas facilitando la solubilidad del P y otros nutrientes. Además, la promoción del crecimiento de las plantas puede asociarse a la producción de fitohormonas y a la protección contra hongos patógenos (Puente *et al*, 2010).

El suelo es un ecosistema con una gran variedad y cantidad de microorganismos benéficos. La fracción del suelo donde influye la proliferación de estos microorganismos por la presencia del sistema de raíces de las plantas se le conoce como rizósfera (Cassán *et al*., 2009). Las diferentes poblaciones bacterianas presentes en la rizósfera, se llaman rizobacterias o bacterias promotoras de crecimiento vegetal - PGPR, poseen la capacidad de colonizar el sistema radicular de las plantas o su entorno más cercano; clasificándose en tres grupos principales, las que pueden colonizar el tejido de la planta formando nódulos (simbióticas), las que se hospedan en estructuras internas de la planta (endofíticas) y las que se encuentran cerca del sistema radicular de la planta (bacterias de vida libre) (Kloepper *et al.*, 1989) (Criollo *et al*, 2012) El uso de la fertilización de síntesis química en Argentina se ha incrementado en los últimos años (García *et al,* 2010) para asegurar la productividad y rendimientos de los cultivos, lo que ha provocado un deterioro ecológico progresivo por el manejo inadecuado de los mismos, generando preocupación por la contaminación del ecosistema. Comprender esta situación, nos lleva a buscar y desarrollar tecnologías limpias y menos costosas que permitan mejorar la calidad de los cultivos supliendo los nutrimentos necesarios para su producción.

Por tal razón, se ha recurrido a la biotecnología que es una herramienta que permite manipular microorganismos con potencial biofertilizante, debido a que una de sus principales funciones es suministrar nutrientes como el nitrógeno, que se hace disponible a las plantas mediante la acción de bacterias que habitan en el suelo naturalmente con la capacidad de fijarlo e incorporarlo en la planta. Es así, como las bacterias pertenecientes al género Azospirillum sp., al ser inoculadas en el suelo, incrementan la densidad y longitud de los pelos radicales, proporcionando de esta forma mayor captación de agua y nutrientes del suelo, lo cual le permite a la planta acumular más materia seca, N, P y K en tallos y hojas mostrando resultados favorables en el desarrollo de las plantas.

Así como las leguminosas pueden fijar gran parte del nitrógeno a través de la simbiosis con bacterias del género Rizhobium, la utilización de Azospirillum surge como una alternativa para el resto de las plantas cultivadas.

De esta manera, a través de la fijación atmosférica se estaría evitando, o por lo menos, disminuyendo, la necesidad de fertilizantes químicos, que si bien provenientes de la fijación industrial del nitrógeno atmosférico tienen un alto costo energético y constituyen una fuente de alto potencial contaminante a través de la lixiviación y escorrentía hacia cursos de agua.

A través de la selección de cepas de bacterias, eficientes en cuanto a la colonización de la rizosfera y su efecto positivo sobre la producción y desarrollo del cultivo se podrían lograr enormes avances en cuanto a la disminución de los costos de producción y minimizar los impactos negativos sobre el ambiente.

3.3 Fijación biológica de nitrógeno como fuente alternativa de fertilización.

La producción de arveja es afectada por la deficiencia de nitrógeno (N) bajo condiciones agronómicas, siendo el factor limitante más común para el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes nitrogenados son ampliamente utilizados para corregir esta deficiencia y elevar los rendimientos de las cosechas. No obstante, el objetivo actual de una producción sostenible no sólo se basa en conseguir altos rendimientos con buena calidad de producto y a menor costo, sino también la protección del medio ambiente. Así, una de las estrategias posibles es utilizar como fuente de nitrógeno procesos biológicos como la fijación de nitrógeno atmosférico por medio de la simbiosis entre las leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*. La fijación biológica de nitrógeno es una fuente alternativa a la fertilización con nitrógeno inorgánico y que tiene un gran valor económico y medioambiental (Rodiño *et al*, 2014)

Rhizobium leguminosarum pertenece al grupo *Rhizobium/Agrobacterium* y su especie posee dos biovares *trifolii y viciae*, identificados por el hospedador vegetal que son capaces de nodular (*trifolii* es capaz de nodular trébol y *viciae* es capaz de nodular vicia, arveja y algunas especies de poroto). (Vozza, 2012)

3.4 Efecto combinado de la fertilización fosforada y la inoculación con *Rizhobium leguminisarum* sobre el rendimiento del cultivo.

Ferraris *et al*, 2012, evaluaron la respuesta combinada entre el inoculante *Rhizobium leguminosarum* más el uso de micorrizas, combinado con niveles de fertilización fosforada, usando como fertilizante superfosfato triple de calcio con dosis crecientes. El principal efecto sobre los rendimientos fue el de fósforo (P), el cual fue estadísticamente significativo. En ausencia de fósforo, las plantas disminuyeron su crecimiento y cobertura, alcanzaron menor vigor, y rendimientos sensiblemente más bajos. Otra observación que detectaron fue que las plantas inoculadas producían un mayor número de nódulos conforme aumentaba la dosis de fertilización fosforada.

Estudios realizados por Toresani *et al*, 2012 demostraron que cuando el suelo presenta una baja población naturalizada, el inoculante puede expresar su potencialidad. Si bien, no se han obtenido diferencias estadísticamente significativas en rendimiento en grano, la tendencia ha sido de mayor produccióna favor de los inoculados, lo que justifica ampliamente la implementación de la práctica de la inoculación en este cultivo. La fertilización con fósforo resultó una práctica de gran impacto en todos los parámetros evaluados. Por lo expuesto se planteó la siguiente Hipótesis, objetivo general y objetivos específicos

4. Hipótesis:

Existe una interacción positiva entre la fertilización con fósforo y la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* en la productividad del cultivo de arveja

5. Objetivo general:

Evaluar la respuesta del cultivo de arveja a la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* y a la fertilización con fósforo, individualmente y en forma conjunta.

6. Objetivos Específicos:

- Evaluar la respuesta de la fertilización e inoculación en la emergencia de plantas

- Cuantificar la nodulación producida por *Rhizobium leguminosarum*

- Determinar los efectos de la fertilización, la inoculación y la combinación de ambas sobre el rendimiento y sus componentes

7. **Materiales y métodos**:

Los ensayos se llevaron a cabo en el partido de Junín, Provincia de Buenos Aires, en parcelas ubicadas en la Estación Experimental "Las Magnolias" perteneciente a la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, (UNNOBA) situado en el kilómetro 146,5 de la Ruta Nacional N°188 (34°28'49"S, 60°52'33"W). Sobre suelo con barbecho químico preparado y libre de malezas, en parcelas de 6 surcos por 7 metros de largo y un ancho de labor de 1,47 metros, con un distanciamiento entre hileras de 0,21 metros, se realizó una siembra en forma directa de la variedad Yams provista por la empresa BIOSEMINIS, la cual fue curada con Maxin Evolution con una dosis de 1cm^3/kg de semilla. La densidad de siembra seleccionada fue de 123 plantas/m^2.Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo y en base a los datos, las parcelas que correspondía a los tratamientos de fertilización fueron fertilizadas con 227 kg ha^{-1} de MAP en la línea de siembra Las plantas que correspondieron a los tratamientos con inoculación sola y combinadas se realizaron con la cepa *Rhizobium. L* provista por la empresa laboratorios ARBO y se empleó una dosis de 3 cm^3 por kilo gramo de semilla. Las semillas que se utilizaron fueron inoculadas el mismo día de la siembra el 27 de julio de 2020 aplicando la dosis nombrada con una jeringa plástica en bolsas de nylon y agitadas manualmente para lograr homogeneizar la muestra. El diseño fue de bloques completos aleatorizados compuesto de 4 tratamientos y 5 repeticiones. Cada parcela represento una unidad experimental (UE) a la que se le asignó un tratamiento

T1: Sin inocular y sin fertilizar (Testigo)

T2: Sin inocular y fertilización

T3: Con inoculación y sin fertilización

T4: Con inoculación y fertilización

Desde la emergencia del cultivo y hasta su cosecha se cuantificaron las siguientes variables: Número de plantas emergidas, nodulación (Recuento del número de nódulos en raíz principal, de una muestra representativa de cada parcela extraída con pala de mano. Previamente humedecido de la zona para facilitar la extracción y no dañar los nódulos. El muestreo se realizó cuando el cultivo tenía 8 nudos visibles -108-). Producción de Peso Fresco (PF) y Peso Seco calculando el % de materia Seca (PF-PS/PFx100), cuando el cultivo se encontraba en floración. Finalmente se cuantificaron los parámetros de rendimiento y peso de 1000 granos y se calculó la Biomasa Total. Asimismo, durante el ciclo del cultivo se realizaron monitoreos semanales para controlar la aparición de plagas y enfermedades, sin haber encontrado dichas adversidades.

7.1 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza utilizando la prueba de Tukey al 5% a través del software InfoSTAT (Di Renzo y col., 2012)

8. Resultados y Discusión

Con relación a la emergencia de plantas por metro cuadrado observamos en la tabla 1 que el testigo (T1) sin inocular y sin fertilizar se diferencia significativamente de los demás tratamientos T2 (Sin inocular y fertilización); T3 (Con inoculación y sin fertilización) y T4 (Con inoculación y fertilización), esto puede deberse a que la emergencia depende de la acumulación de grados días del subperiodo y la temperatura del suelo, del estado nutricional del suelo al momento de la siembra, la inoculación y la fertilización, pero fundamentalmente la emergencia estaría asociada a la viabilidad de la semilla, si esta es baja, el efecto de los promotores de crecimiento es más evidente (Barreto-Figueiredo, *et al,* 2016), esto coincide con lo encontrado en especies no leguminosas como las solanáceas. Los reportes

señalados en la literatura pertinente indican que los resultados en este tipo de investigaciones varían con la especie de microorganismo, así como con las condiciones fisicoquímicas, nutricionales y ambientales donde se haya desarrollado el estudio. Ayala *et al*. (2014) encontraron que las semillas que germinan en menor tiempo son más homogéneas y vigorosas, por lo que sugieren que una germinación lenta y con mayor dispersión en el tiempo produce plántulas heterogéneas, pequeñas y menos vigorosas. Señalan que en su madurez, la semilla logra el completo desarrollo morfológico y fisiológico del embrión, y finaliza la acumulación de reservas, fase en la que se expresa su máxima germinación y vigor, y luego comienza su deterioro, y esto podría justificar no ver el efecto que si se observa en etapas fenológicas posteriores donde pplantas de arveja inoculadas en forma combinada se diferencian significativamente del testigo (Tabla 2) , estos autores reportaron que combinando *Rhizobium*-micorrizas (*Entrophospora colombiana* y *Glomus spp)* favorece la nodulación en número y peso de nódulos por planta, en comparación con el inoculación de forma simple con *Rhizobium,* y mostraron mayor eficiencia que las micorrizas nativas presentes en el testigo sin inocular, en nuestro caso la combinación está relacionada con la Fertilización con P y la aplicación de Rhizobium. Los resultados mostraron que T2, T3 y T4 presentan la mayor nodulación diferenciándose del testigo significativamente (Tabla 2), nuevamente, y como sucede en la mayoría de los ensayos en red, el mayor aporte a la variabilidad del rendimiento lo hace el ambiente, explicando el 79 % de la variabilidad, mientras que el genotipo sólo explica el 8%, y el resto lo hace la interacción genotipo ambiente (Prieto, *et al* 2019 f). Con respecto a los efectos de los tratamientos sobre el Peso de 1000 semillas; % de Materia Seca , y Rendimiento (Tabla 3), estos resultados corroboran lo encontrado por Rennie and Dubetz, 1986 en la combinación de la inoculación de promotores con fertilización; la capacidad de fijación de nitrógeno por parte de la arveja suele ser muy alta y se han medido aportes de hasta 185 kg/ha por esta vía , en relación a las bacterias fijadoras de N (FBN) en arveja pertenecen a la especie *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, las cuales son infectivas también en lenteja y vicia; estas forman una gran cantidad de nódulos de tamaño pequeño, muy activos., tal como ocurrió en este ensayo, y se ha demostrado que mientras en soja se considera que el 50 % del N fijado proviene de la FBN, en arveja este porcentaje sería superior. En nuestro ensayo el testigo dio un menor rendimiento que se diferenció significativamente de los demás tratamientos, no obstante la acumulación de biomasa total fue similar entre los tratamientos , coincidiendo en lo

encontrado por Martínez Agustoni en su tesis (2018), por otra parte es de destacar que los T2 y T3 no se diferenciaron entre sí, siendo indistinto la inoculación o la fertilización, y eso puede deberse a que la fertilización está asociada a la dosis de P, si bien en este ensayo no pudo realizarse la aplicación de diferentes dosis la utilizada fue suficiente para influir en el rendimiento coincidiendo con los resultados experimentales de Ferraris y Salvatori, 2017 quienes con diferentes dosis encontraron diferencias en los rendimientos, por otra parte Masi *et al* ,2016 encontraron una respuesta positiva a la fertilización en ensayos de variedades, destacándose Yams . Esto coincide con lo encontrado por estos autores (Abi-Ghanem *et al*, 2011; Toresani *et a*l., 2012; Prieto; 2013; Ferraris y Curetot., 2013; Ferraris, *2015*). En nuestro ensayo T4, la combinación Fertilización más Inoculación alcanzo los mayores rendimientos, concluyendo que la combinación utilizada resulta promisoria

Tabla 1: Emergencia: de plantas por metro cuadrado

Tratamientos	Medias	Significancia
4	**80**	**A**
3	**91**	**B**
2	**99**	**B**
1	**123**	**C**
P	**0,0001**	
Cv	**13,25%**	

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

Tabla 2 : Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de nódulos en raíz principal

Tratamientos	Medias	Significancia
1	37	A
2	42	B
3	44	B
4	46	B
P	0,0001	
Cv	15,59 %	

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

Tabla 3: Efecto de los diferentes tratamientos sobre P1000; PF; PS;%MS y Rendimiento de la variedad YAMS

Tratamientos	P1000(gr)	%MS (PF-/PF)*100	Biomasa total	Rendimiento (kg/ha)
1	127 [a]	78 [a]	3363.80 [a]	1075 [a]
2	193[d]	81 [b]	2915.40 [a]	1329 [b]
3	177 [c]	80 [ab]	2287.40 [a]	1334 [b]
4	157[b]	79 [ab]	3055.00 [a]	1443 [b]
P	0,0001	0,0184	0.5798	0,025
CV	13,40 %	12 %	26%	25 %

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

9. Conclusiones

En base a lo encontrado en el desarrollo de este ensayo concluimos que:

- La inoculación de *Rhizobium* y la fertilización fosforada, tienen un impacto positivo tanto en la nodulación, El peso de 1000 granos y el rendimiento, ya que funcionan de manera complementaria e impacta tanto para un buen arranque del cultivo en los estadios primarios y además en el rendimiento.

- Los resultados encontrados debieran profundizarse para extenderlos a los profesionales y productores de la región ya que en muchos casos los manejos del cultivo no son los completamente adecuados para lograr los máximos rendimientos y calidad, a causa de la escasez de información experimental.

- Además, la elección del cultivo de arveja se decidió teniendo en cuenta que se lo puede incluir en la rotación de cultivos, en reemplazo del trigo que, por la fecha de siembra, sea por causas de manejos, logísticas o malas condiciones ambientales, brinda la posibilidad de siembras más tardías, y con el beneficio de una cosecha temprana liberando el lote para una siembra anticipada de soja de segunda, ganando así días y consecuentemente incrementos en la producción de este último cultivo.

10. Bibliografía:

Abi-Ghanem, R., L. Carpenter-Boggs, y J.L. Smith. 2011. Cultivar effects on nitrogen fixation in peas and lentils. BiolFertilSoils. Vol 47 issue 1 pp 115-120.

Ayala-Villegas, M., O. Ayala-Garay, V. Aguilar-Rincón y T. Corona-Torres. 2014. Evolución de la calidad de semillas de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. Revista Fitotécnica Mexicana 37(1): 79-87.

Barreto-Figueiredo, M., A. Bonifacio, A.Cerqueira-Rodrígues y F. De Araujo. 2016. Plant growth-promoting rizobacteria: Key mecanisms of action.*In*: Choudhary y Varma (eds.). Microbial Mediated Induced Systemic Resistance in Plants. Springer Science, Singapore. pp. 23-37

Cassán, F. y García, I. 2008. Azospirillum sp.: Cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología

Cassán F, Perrig D, Sgroy V, Masciarelli O, Penna C, Luna V. 2009. Azospirillum brasilense Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (Zea mays L.) and soybean (Glycine max L.). Eur J Soil Biol 45:28-35

Criollo, P.J, Obando, M, Sánchez, L, Bonilla, R. 2012. Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacense. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13(2), 189-195

Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M. G.; González L.; Tablada M.; Robledo C.W. 2011. InfoStat versión 2011. Córdoba (AR): Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo InfoStat. Disponible en: http://www.infostat.com.ar

Ferraris, G. N., Couretot, L. A., & Magonone, G. 2012. Nutrición del cultivo de arveja. Recuperado 11 febrero, 2020, de http://crinigan.com/ensayos/arveja/Arveja_INTA_Pergamino_2011.pdf

Ferraris, G. y L. Couretot. 2013. Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja.Campaña 2012/13. AAPRESID. Revista de Trigo y Cultivosinvernales 2013. 7 pp.

Ferraris, G. 2015. Estrategias de intensificación aplicadas a la producción de legumbres de invierno. Experiencias con arveja en la campaña 2015. Informe de resultados. 5 pp. Ferraris, G. y L. Couretot. 2013. Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja.Campaña 2012/13. AAPRESID. Revista de Trigo y Cultivosinvernales 2013. 7 pp

Ferraris, Gustavo y Salvatori, José. 2017. Estrategias de Nutrición aplicadas a la producción delegumbres de invierno.Fertilización e Inoculación en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.) . Revista RTA vol 10 N 33 Pag 37:41

Kloepper JW, Lifshitz R, Zablotowicz RM. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotecnol 7:39-49.

Klever, I., Granda, M. y Sotomayor, S. (2012). Microorganismos diazotróficos y su contribución a la fijación biológica del nitrógeno. Universidad Nacional de Loja – Ecuador. Centro de Biotecnología, vol. 1. ISSN 1390-7573

Knott,C.M. 1987. A key for stage development of the pea (Pisum sativum). Ann. Appl. Biol 111:233-244.

Martínez,S; Benavidez, D ; Mango,S; Masi, A y Fariña, L; Prieto, G.2014 Comportamiento de 8 cultivares de arveja (*Pisum sativum* L) en Junín Pcia de Bs.As Horticultura Argentina 33(82) Sep.-Dic. 2014 (con referato) ISSN de la edición on line 1851-9342 Página: 79 **.**

Martínez Agustoni, D. (2018) La arveja (Pisum sativum L.) como alternativa en la secuencia de cultivos agrícolas y hortícolas [en línea] Diploma. Montevideo : Udelar, FA https://hdl.handle.net/20.500.12008/29800

Masi, M. A.; Cuvells, L.; de Benedetto, J. P.; Martínez, S. 2016 Respuesta a la fertilización foliar de 9 cultivares de arveja(*Pisum sativum*) en la localidad de Junín. 39 ª Congreso Argentino de Horticultura Setiembre 2016 Sta Fe Pag 83

Pacheco, J y Porras , J, 2009 Fenología del cultivo de arveja (Pisum sativum L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica.Fisiologia Vegetal Vol 10 N 1 . https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num1_art:123

Prieto, G.2009 a. Pautas para el manejo del cultivo de Arveja. Arroyo Seco ,Santa Fe. Consultado 24 de oct. 2019. https://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Pautas-para-el-manejo-del-cultivo-de-arveja-final.pdf?op=d&ticket_id=6253&evento_id=12907

Prieto, G. 2012 b. Las legumbres: arveja y garbanzo. Recuperado 29 noviembre, 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-legumbres_arveja-y-garbanzo.pdf

Prieto, G. 2013 c Claves para el manejo nutricional de arveja. En: Actas Simposio Fertilidad 2013. IPNI-Fertilizar. Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. pp 32-35.

Prieto, G ; Amado, R ; Brassesco, R ; Buschittari, D ; Espósito, A ; Gerster, G ; Martínez, S ; Martins, L ; Albrecht, R ; Suter, A ; Vita E ; Vizgarra, O.2014 d Rendimiento de cultivares de Arveja (Pisum sativum L) en diferentes ambientes de la República ArgentinaAapresid Revista Cultivos Invernales..Pag 68:71.

Prieto, G ; Amado, R ; Brassesco, R ; Buschittari, D ; Espósito, A ; Gerster, G ; Martínez, S ; Martins, L ; Albrecht, R ; Suter, A ; Vita E ; Vizgarra, O.2014 Rendimiento de cultivares de Arveja (Pisum sativum L) en diferentes ambientes de la República ArgentinaAapresid Revista Cultivos Invernales..Pag 68:71.

Prieto, G., Alamo, F., Appella, C., Avila, F., Balbo, R., Brassesco, R., Zgrablich, A. 2018 e. Rendimiento de cultivares de Arveja (Pisum sativum, L) en diferentes ambientes de la República Argentina. Campaña 2017-2018.. Recuperado 29 de noviembre 2019, https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3150/INTA_CRBsAsNorte_EEAPergamino_Prieto_Rendimiento_de_cultivares_de_arveja_en_diferentes_ambientes_de_la_Rep%C3%BAblica_Argentina_Campa%C3%B1a_2017_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prieto, G1; Appella, C3; Avila, F10;Bracco, V8; Brassesco, R11; Buschittari, D12; Casciani, A1; Espósito, A7; Fariña, L8; Fekette, A5; Frolla, F13; Gallego, J14; Introna, J4; Lavilla, M8; Maggio, JC6; Prece, N4; Maggio, ME5; Martínez, G15; Martínez, S8;Orliacq, A2; Vallejo, M11; Zgrablich, A9. 2019 f Rendimiento de cultivares de Arveja (Pisum sativum, L) en diferentes ambientes de la República Argentina. Campaña 2018-2019 Revista de la EEA Oliveros serie "Para mejorar la producción" de cultivos invernales Pag 87:91

Prieto G, De San Vicente E. 2011 Relevamiento de la superficie de cultivos de invierno en el área de la AER INTA Arroyo Seco. Para mejorar la produccion 47 - INTA EEA Oliveros. http://inta.gob.ar/documentos/relevamiento-de-lasuperficie-de-cultivos-de-invierno-en-el-area-de-la-aer-inta-arroyo-seco.-ano2011/

Puente, M., Correa, O., Punschke Valerio, K., Massa, R., Roosi, A., Días, M., Catafesta, M., Righes, S., Carletti, S., Rodríguez Cáceres, E. (2010). Protocolo para el control de calidad de inoculantes que contienen Azospirillum sp. Documento de Procedimientos de la REDCAI número 2. Asociación Argentina de Microbiología. ISBN 978-987-98475-9-6

Rivera Botía, M. (2008). Optimización de un medio de cultivo para la producción de un inoculante con base en Azospirillum brasilense c16 (Tesis de Grado) . Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Universidad Francisco de Padua Santander.

Rennie, R.J y Dubetz, S (1986) Nitrogen-15-Determined Nitrogen Fixation in Field-Grown Chickpea, Lentil, Fababean, and Field Pea Journal Agronomy **https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800040020x**

Rodiño, A. P., Santalla, M., y De Rom, A. M. (2014). FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA DEL GUISANTE: SIMBIOSIS Rhizobium leguminosarum – Pisum sativum. Recuperado 11 noviembre, 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Paula_Rodino2/publication/28279813_Fertilizacion_biologica_del_guisante/links/5459f1320cf26d5090ad30c5/Fertilizacion-biologica-del-guisante.pdf

Toresani, S., Prieto, G., Salvagiotti, F., Vita, E., Tirelli, J. M., & Zari, F. 2012. Respuesta a la inoculación y a la nutrición con fósforo y azufre en cultivo de arveja, en el sur de Santa Fe. Recuperado 11 noviembre, 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-inoculacin-en-arveja.pdf

Vozza, Nicolás Federico. 2012. Factores de adhesión de Rhizobium leguminosarum y su rol en la formación de biofilms. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 141 p

VILLALÓN José Gastón

Digitally signed by VILLALÓN José Gastón
Date: 2022.03.09 11:18:13 -0300