



**ASÍ SON
LOS SUELOS
DE MI PAÍS**



Nódulos en acción: ¿Por qué no sembramos arveja para mejorar el suelo?

Escuela de Educación Técnico Profesional

N° 486 "Francisco Netri" – Carcarañá – San Lorenzo – Santa Fe

Estudiantes participantes: Estudiantes de 6° año A

Benitez, Y; Busilacchi, G.; Diaz, J.; Falcon, F.; Ferraro, M.; Gómez, J.; Herrera, A.; Herrera, L.; Hochnadel, A.; Lascars, M; Luna, J.; Luque, E., Luque, M.; Maroñas, B.; Muller, E.; Murugarren, M.; Pautasso, F.; Rojas, L.; Romero, C.; Rosano, A.; Sanchez, C.; Wittmann, B., Zampedri, I

Docentes a cargo:

-Ing. Agr. (Dra.) Prof. Romina Cattaneo (Prácticas Profesionalizantes - Química Aplicada a los Procesos Productivos - Sistemas Agrícolas y Agroindustriales I)

-Ing. Agr. (Esp.) Prof. Patricia Skejich (Sistemas Agrícolas y Agroindustriales I y II)

Tutores:

- **Miembro CREA:** Ing. Agr. Alan Bantle

- **INTA y Facultad de Ciencias Agrarias (UNR):** Lic. (Dra.) María Andrea Espósito

- **Agricultores Federados Argentinos (AFA):** Ing. Agr. Flavia Giordano

Mail y Teléfono de contacto: eetp486@gmail.com / 0341-153513657

Director del establecimiento educativo: Tec. Agr. Nelson Tapia

RESUMEN

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal generan numerosos efectos favorables, existe escasa información en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*). Este aporta grandes beneficios para una agricultura sustentable, aunque su producción es baja en la zona de influencia de la Escuela. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento (*Azospirillum brasilense*) como acompañante de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium leguminosarum*) sobre la nodulación del cultivo de arveja, y analizar las posibles causas que limitan su adopción como alternativa de cultivo de invierno en las rotaciones agrícolas de nuestra zona productiva. En condiciones de campo se evaluó la respuesta a la nodulación de *Rhizobium leguminosarum* y *Azospirillum brasilense*, solas y en forma combinada, analizando los parámetros de infectividad y efectividad a los 45 días después de la siembra y en floración. A través de entrevistas y encuestas se logró explorar la relevancia del cultivo en el área bajo estudio. El porcentaje de plantas noduladas satisfactoriamente fue mayor para el tratamiento con ambas bacterias en estadios tempranos del cultivo, sin diferencia en la floración. Para la variable número de nódulos las plantas inoculadas sólo con *Rhizobium* y con ambas bacterias presentaron mayor número de nódulos. Al momento de la floración, el tratamiento con la bacteria nodulante presentó mayor cantidad de nódulos, pero de menor tamaño que las plantas tratadas con *Rhizobium* y *Azospirillum*. Las principales causas que determinan que no se realice el cultivo de arveja son culturales, de falta de conocimiento y/o asesoramiento adecuado, semilla de calidad y un mercado disponible. El cultivo de arveja respondió positivamente a la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno, mostrando nódulos más grandes con la combinación de *Rhizobium* y *Azospirillum*. Es viable realizar arveja, pero se requiere buena calidad de semillas con uso de terapicos y monitorear plagas.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural muy importante para la vida, debido a que es la base de los ecosistemas terrestres, el sustento de las actividades económicas y la provisión de nuestros alimentos. Es por ello que los Técnicos en Producción Agropecuaria poseen un rol fundamental en el manejo y cuidado de este recurso. Una buena estrategia de manejo del suelo es poder incorporar cultivos alternativos en las rotaciones agrícolas como la arveja que consume menor cantidad de agua que los cereales de invierno, es un cultivo buen competidor de las malezas y, asimismo, logra fijar el nitrógeno del aire.

La arveja (*Pisum sativum*) es una especie perteneciente a la familia *Fabáceas*, sub-familia *Papilinoideas*. Este cultivo en nuestro país se concentra en el sudeste de Santa Fe y nordeste de Buenos Aires, cuya producción se destina principalmente a la exportación, y en menor medida al consumo interno como grano seco rehidratado enlatado, congelado, harinas o forraje.

En la campaña 2019/2020 la producción nacional ascendió hasta las 195.676 Tn, en la 2020/2021 hasta las 194.000 Tn y en la 2021/2022 hasta las 225.200 Tn (estimaciones agrícolas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca -SAGyP-). Las provincias en las que se registró mayor superficie sembrada para arveja en la campaña 2022/2023 fue para Buenos Aires (73,58%), Entre Ríos (12,92%) y Santa Fe (11,77%); representando el 98,27% de la superficie sembrada total en el país.

En el Imagen N° 1 se puede observar la distribución de la superficie sembrada por departamento en la campaña 2022/2023 (SISA, 2023).

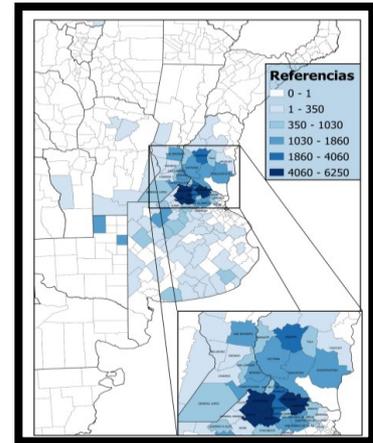


Imagen N° 1: Superficie sembrada de arveja en la campaña 22/23.

El cultivo de arveja en Argentina está siendo considerado cada vez más como una alternativa viable, tanto por su rentabilidad como por sus beneficios como antecesor de los cultivos de verano. Se han realizado estudios que demuestran que el cultivo de soja rinde un 25% más cuando el cultivo anterior fue la arveja y en el caso del maíz los rendimientos aumentan entre 2.000 y 2.500 Kg/ha (Prieto, 2018). La arveja como antecesora posee dos ventajas importantes: la primera es que consume menos agua que el trigo (el 60% de lo que utiliza el cereal) debido a que su sistema radicular no explora más allá del metro de profundidad y deja el segundo metro del perfil de suelo con toda el agua disponible. La otra ventaja es que el balance de nitrógeno que queda luego del cultivo, en comparación con el trigo, es menos negativo (Prieto, Ibidem). Por lo tanto, se debe ocupar de la fertilización fosforada debido a que con una buena inoculación es suficiente para cubrir los requerimientos de nitrógeno y enriquecer al suelo para los cultivos sucesores.

El nitrógeno (N) es un elemento necesario en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, siendo así una molécula esencial para todos los organismos. Después del carbono, es el elemento más abundante en las células. Es un nutriente limitante en el crecimiento vegetal, ya que además de ser poco abundante en el suelo, es removido por causas naturales en cantidades superiores a otros nutrientes. En la capa superior del suelo se encuentra disponible entre un 0,02-0,04% y puede alcanzar hasta un 2% en suelos ricos de materia orgánica. En la naturaleza se encuentra fundamentalmente como gas, pero a pesar de su gran abundancia - dada la gran estabilidad de la molécula en su estado gaseoso- las plantas y animales son incapaces de fijarlo y aprovecharlo, debido al triple enlace entre los dos átomos de nitrógeno (N₂). Esto hace a la molécula inerte, y sólo puede ser desdoblada por microorganismos altamente especializados. Estos son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en compuestos fácilmente asimilables (Russelle y Birr, 2004). Para ser utilizado por las plantas en el crecimiento, el nitrógeno debe ser primero reducido y luego fijado en la forma de iones amonio (NH₄⁺) o nitrato (NO₃⁻). El proceso a través del cual los microorganismos reducen el nitrógeno hasta una forma utilizable es

conocido como fijación biológica del nitrógeno (FBN), el mismo no solo permite utilizar el nitrógeno sino también reducir o revertir la degradación del suelo.

Se estima que este proceso contribuye entre el 60-80% del N, aportando la mayor parte del N combinado en la tierra, y permite a las plantas de la familia de las Fabaceae -leguminosas- crecer sin la necesidad de la utilización de fertilizantes nitrogenados. El uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados en leguminosas podría ocasionar graves problemas de contaminación. La FBN es la opción natural para reducir la fertilización química. Las bacterias fijadoras son de gran interés para la agricultura, ya que se emplean como inoculantes (biofertilizantes). Un ejemplo de esta tecnología son los inoculantes producidos en base a *Rhizobium*, que fue el primer género bacteriano que se desarrolló a gran escala y se añadió como inoculante durante 105 años a diversos cultivos agrícolas.

Otros microorganismos beneficiosos para los cultivos son los denominados PGPR (del inglés Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), que son bacterias u hongos que habitan en las raíces de las plantas o muy cerca de ellas e influyen, mediante diferentes mecanismos, de manera positiva en el crecimiento de la planta (Spaepen *et al.*, 2009). Existen numerosas evidencias en la literatura que indican que la utilización de bacterias promotoras del crecimiento vegetal puede tener un rol significativo en la sustentabilidad de los agroecosistemas (Reed y Glick, 2004). Entre estas bacterias, los géneros más estudiados en sus capacidades de promover el crecimiento de las plantas son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Pseudomonas* (Caballero-Melado y Fuentes-Ramirez, 2005). 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 (Principiano, 2013).

La búsqueda de nuevas alternativas que ayuden a disminuir los costos de la producción agrícola, cuidar el ambiente y por ende lograr un desarrollo agrícola sostenible, obliga a profundizar los estudios con bacterias que nodulan las raíces de leguminosas y que promueven el crecimiento vegetal, las cuales conviven en la rizosfera.

Si bien Santa Fe, es la tercera provincia productora de arveja, en el área de influencia de la Escuela, que se localiza en el departamento San Lorenzo, no es un cultivo que esté presente con frecuencia, a pesar de las ventajas que posee, lo cual es un punto a investigar porque los productores no lo consideran como una alternativa al cultivo de trigo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento (*Azospirillum brasilense*) como acompañante de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium leguminosarum*) sobre la nodulación del cultivo de arveja, y analizar las posibles causas que limitan su adopción como alternativa de cultivo de invierno en las rotaciones agrícolas de nuestra zona productiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el efecto sobre la nodulación de tratamientos microbianos, integrando bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR), en comparación con tratamientos testigos no inoculados.
- Explorar el nivel de conocimiento y la adopción del cultivo de arveja entre actores clave en el área de influencia de la Escuela.

METODOLOGÍA

1) Siembra del ensayo experimental y medición de la calidad de nodulación.

La variedad de arveja utilizada fue B308 de grano verde, perteneciente al banco de germoplasma de la Cátedra de Mejoramiento Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario. La misma fue sembrada el día 13/06/24 en el predio de la Escuela de Educación Técnica Profesional N° 486 “Francisco Netri”, ubicado en la ciudad de Carcarañá, departamento San Lorenzo, provincia de Santa Fe (Argentina), en un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados compuesto de 4 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizaron 12 parcelas de 1m de ancho por 2m de largo (2m²), las cuales se sembraron de manera manual a una densidad de siembra de 120 plantas/m² y un espaciamiento entre surcos de 17,5 cm. Cada parcela representó una unidad experimental (UE) a la que se le asignó un tratamiento:

- T1: Testigo - Semillas sin inocular
- T2: Semillas inoculadas con *Rhizobium leguminosarum*.
- T3: Semillas inoculadas con *Azospirillum brasilense*.
- T4: Semillas inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* y *Azospirillum brasilense*.

En todos los tratamientos las semillas fueron acompañadas con terápicos de semillas. Los inoculantes utilizados fueron líquidos pertenecientes a partidas comerciales de PROMOZION (*Azospirillum brasilense*) de la empresa Laboratorios NOVA S.R.L. y RILEGUM TOP (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae*) de la empresa Rizobacter Argentina S.A. El fungicida utilizado fue MAXIM XL (fludioxonil y metalaxil-M) de la empresa Syngenta Agro S.A. y el insecticida IMIDACLOPRID PERICON (Imidacloprid 60%) de la empresa Prodinsa Argentina S.A. En el cuadro N° 1 se detallan las dosis utilizadas:

Marca Comercial	Dosis
PROMOZION	200 ml/50 kg de semilla
RILEGUM TOP	200 ml/50 kg de semilla
MAXIM XL	100 ml/100 kg de semilla
IMIDACLOPRID PERICON	100 ml/100 kg de semilla

Cuadro 1: Productos y dosis utilizados en el ensayo.

El fungicida y el insecticida fueron aplicados mediante el método secuencial, es decir, en forma previa (1 hora) al inoculante RILEGUM TOP y al PGPM. Este procedimiento se realizó utilizando la dosis nombrada de cada producto con una jeringa plástica en bolsas de nylon y agitadas manualmente para lograr homogeneizar la muestra, respetando todos los protocolos de protección y cuidado personal. Después de 45 minutos de finalizado el tratamiento de semillas se efectuó la siembra (Imágenes N° 2 y 3).



Imágenes N° 2 y 3: Preparación de semillas y siembra del ensayo a campo.



Imagen N° 4: Cultivo de arveja en diferentes estadios.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron monitoreos semanales (Imagen N° 4) para controlar la aparición de plagas y enfermedades, sin haber encontrado dichas adversidades y para realizar el riego de las parcelas.

Para determinar la calidad de nodulación se analizó la infectividad¹ y la efectividad² de los mismos. Para medir el primer parámetro se contabilizó la cantidad de nódulos en los primeros 2,5 cm de la raíz principal, considerándose positiva si la misma contaba con 3 o más nódulos. Para determinar la efectividad de la nodulación,

se observó el color interior de los nódulos, clasificándolos en efectivos (color rosado) y no efectivos (color gris).

Para realizar estas mediciones, a los 45 días desde la siembra y luego en floración se tomaron 10 plantas al azar de cada parcela, extraída con pala de mano y previamente humedecido de la zona para facilitar la extracción y no dañar los nódulos. Luego se realizó el lavado cuidadoso de las raíces y se midieron los parámetros de las variables infectividad y efectividad. Con los datos recolectados se calcularon



Imagen N° 5: Extracción de plantas de las parcelas.

1 Capacidad de una cepa de rizobio para producir la formación de nódulos en un hospedante dado.

2 Capacidad de la cepa rizobiana para fijar el N₂.

el porcentaje de plantas con nodulación satisfactoria y el promedio de número de nódulos por planta de cada repetición de los 4 tratamientos (Imágenes N° 5 y 6).



Imagen N° 6: Extracción de plantas de las parcelas y análisis de la calidad de nodulación en el laboratorio.

2) Entrevistas semiestructuradas a productor de la zona de influencia de la escuela y a profesionales de diferentes especialidades con experiencia en el cultivo de arveja y encuestas a productores del área de influencia de la Escuela.

Para conocer y entender las causas por la cual este cultivo es mayormente cultivado en el sureste de nuestra provincia y no en el departamento San Lorenzo, donde se encuentra localizada nuestra Institución Educativa, se realizaron entrevistas en profundidad (Imágenes N° 7, 8 y 9) a la Ing. Agrónoma Flavia Giordano (AFA Ruedas), a la Lic. (Dra.) María Andrea Espósito (INTA Oliveros - Facultad de Ciencias Agrarias-UNR) y al productor local Ing. Agr. Ezequiel Ottaviani.



Imágenes N° 7, 8 y 9: Entrevistas virtuales y presenciales.

Para relevar las causas de la poca utilización del cultivo de arveja en el área de influencia de la Escuela se llevó a cabo una encuesta *on line* destinada a productores, de carácter anónima con la herramienta *Google forms*. Para la recolección de los datos se utilizó un tipo de muestreo no probabilístico denominado bola de nieve. Los datos de la encuesta fueron analizados mediante el programa EXCEL del paquete de Microsoft.

RESULTADOS

1) Calidad de nodulación

Para la variable infectividad se pudo determinar a partir del análisis de los cuadros N° 1 y 2 que el tratamiento 1 y 3, tanto a los 45 días como a la floración, presentaron plantas con nodulación satisfactoria, lo cual indica que en el suelo hay presencia de cepas naturalizadas, debido a que el primer tratamiento no fue inoculado y la bacteria *Azospirillum brasilense* por ser de vida libre no genera nodulación. Con respecto al tratamiento 2 y 4, se logró evidenciar un leve efecto positivo de la bacteria promotora del crecimiento sobre la nodulación del *Rhizobium leguminosarum* a los 45 días desde la siembra, ya que el porcentaje de plantas con 3 o más nódulos en los primeros 2,5 cm de su raíz principal fue igual o mayor en la combinación de ambas bacterias en comparación al tratamiento en donde solo se encontró la nodulante (Imagen N° 10 y Cuadro N° 2). En el estado fenológico de floración no se evidenciaron diferencias entre ambos tratamientos (Cuadro N° 3).

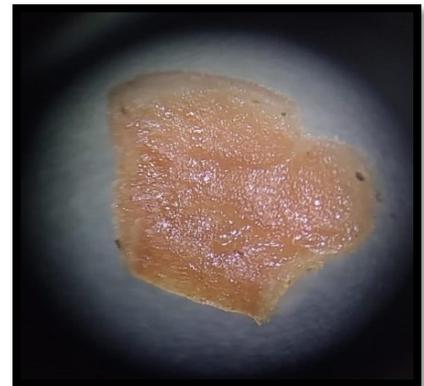


Imagen N° 10: Nódulo efectivo con corte transversal observado en lupa a los 45 días después de la siembra.

Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
1	25	70	50	80
2	50	80	10	90
3	40	80	60	80

Cuadro N° 2 - Porcentaje de plantas noduladas a los 45 días después de la siembra.

Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
1	100	100	100	100
2	60	100	100	100
3	100	100	100	100

Cuadro N° 3 - Porcentaje de plantas noduladas en floración.

En cuanto al promedio de nódulos por planta en los diferentes tratamientos se pudo observar (Cuadro N° 4) que a los 45 días después de la siembra los nódulos contabilizados en el tratamiento 1 y 3 y por otro lado los tratamientos 2 y 4 son similares. Cuando la medición se realizó en floración (Cuadro N° 5), se observó la misma situación para los tratamientos 1 y 3, a diferencia de los tratamientos 2 y 4, en donde se evidenció una mayor cantidad de nódulos en las parcelas inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* con respecto al tratamiento en donde se combinaban las bacterias (Imagen N° 11). A pesar de que el número de nódulos fue menor en el tratamiento 4, los nódulos observados en las raíces de estas plantas eran de mayor tamaño.



Imagen N° 11: A: Nodulación en el tratamiento con *Rhizobium* al momento de la floración B: Nodulación en el tratamiento con *Rhizobium* y *Azospirillum* al momento de la floración.

Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
1	3	4	3	4
2	3	6	3	5
3	3	5	3	5

Cuadro N° 4 - Promedio de nódulos por planta a los 45 días después de la siembra.

Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
1	5	8	3	9
2	3	10	4	6
3	4	11	3	7

Cuadro N° 5 - Promedio de nódulos por planta a la floración

Con respecto al parámetro de efectividad determinado a los 45 días después de la siembra, en todos los tratamientos los nódulos se presentaban de color rosado (Imagen N° 10), lo cual demuestra que los mismos se encontraban fijando nitrógeno atmosférico. En el momento de la floración se pudo evidenciar que en algunos casos se presentaban nódulos sin actividad biológica (Imagen N° 12).



Imagen N° 12: Nódulo sin actividad biológica (color gris) y nódulo efectivo (color rosado) al momento de la floración observados en lupa.

2) Entrevistas y encuestas

A través de la encuesta se recolectaron 33 respuestas provenientes de diversas localidades del área de influencia de la Escuela. De estas, el 69,7% de los encuestados no cultiva arveja, mientras que el 30,3% sí lo hace. Este resultado coincide con lo mencionado por el productor

entrevistado Ottaviani, quien señaló que en Carcarañá son pocos los productores que se dedican a este cultivo... *“debemos ser 3 incluyéndome”*. Según la Dra. Esposito la zona de mayor producción en el país es en el sur de la provincia de Santa Fe y norte de Buenos Aires debido a que es un cultivo que requiere agua, pero no en tan gran cantidad al inicio del cultivo, tiene que tener un suelo con buen drenaje y la temperatura adecuada, condiciones que se cumplen en esa zona geográfica.

La superficie promedio que siembran es de 50Ha, empleando variedades como Viper y Facon; obteniendo un rendimiento promedio entre 16 a 20 qq/ha. Todos inoculan y el 80% controlan la nodulación, también fertilizan (100%) con azufre y fósforo. Además, la Ing. Giordano sostiene que se debería inocular la arveja sobre todo cuando el lote no tiene historial de legumbres, esto favorecería el rendimiento y se ahorraría bastante en el uso de fertilizante posterior.

El 50% comercializa directamente a acopio, el 30% con industrias, el 10% directo a fábrica y el otro 10% a procesador/exportador.

De acuerdo a los resultados de la encuesta y las entrevistas realizadas se puede mencionar que las principales dificultades encontradas al momento de desarrollar el cultivo fueron: la baja calidad de la semilla de acuerdo a lo que menciona la Ing. Agr. Giordano es que *“se debe mejorar el cultivo y tratar de buscar nuevas variedades”*, los problemas de enfermedades fúngicas y la comercialización es difícil porque se maneja de acuerdo a la oferta y la demanda interna, eso influye sobre el precio de acuerdo a lo comentado por la Ing. Giordano. Según la Dra. Espósito *“Todo estrés que reciba el cultivo en el periodo crítico como altas temperaturas o heladas tardías, provocan aborto de flores y genera disminución de rendimiento”*.

Dentro de las respuestas de los que no realizan el cultivo, plantearon que en un 69,6% se debe por falta de conocimiento, el 21,7% por falta de mercado, el 26,1% porque existe poco asesoramiento técnico al respecto y el resto de las respuestas (17,2%) manifestaron que no es un cultivo común en la zona, tienen otro manejo de la rotación o porque incluyen otros cultivos invernales. Esto coincide con lo mencionado por Ottaviani y Espósito *“la baja producción del cultivo de arveja se debe a una cuestión de costumbre”*. De igual manera, el 87% de las personas encuestadas les gustaría recibir información sobre el manejo del cultivo de arveja, a su vez el 65,2% tal vez sembraría el cultivo.

El productor entrevistado menciona que *“recomienda realizar el cultivo debido a que tiene un bajo costo de producción, el aporte de nitrógeno en el suelo favorece luego a la siembra de gramíneas, como un maíz, reduciendo el uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis química”*. Esto se suma a lo que plantea la Dra. Esposito *“consume menos agua que el trigo y rompe con el ciclo de los patógenos (enfermedades) al incorporarla en la rotación”*.

DISCUSIÓN

Existen diferentes investigaciones donde se estudió el efecto de *Azospirillum brasilense* sobre diversas especies de la familia de las gramíneas (Loredo Osti *et al.* 2004), pero muy poca información en leguminosas. Es por ello que con el fin de ampliar el conocimiento del impacto de

esta bacteria en especies de la familia *Fabáceas*, este trabajo se focalizó en la evaluación de la calidad de la nodulación en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) bajo la combinación de *Azospirillum brasilense* junto a *Rhizobium leguminosarum*.

De los resultados obtenidos de este estudio se determinó que la inoculación al combinar ambas bacterias permitió generar mayor porcentaje de plantas con nodulación satisfactoria en estadios tempranos, en comparación con los tratamientos en los cuales las mismas se encontraban de manera solitaria. Resultados similares fueron obtenidos por Cassan *et al.* (2009) en el cultivo de soja (*Glicine max*) donde la co-inoculación incrementó el número de nódulos por plantas y el porcentaje de plantas noduladas comparadas con la simple inoculación con el rizobio. Con respecto al número de nódulos tanto a los 45 días después de la siembra como al momento de la floración no hubo diferencias significativas, pero se pudo observar que el tamaño de los nódulos era mayor en el tratamiento 4. Braccini *et al.* (2016), no encontraron diferencias significativas en el número de nódulos hallados para los diferentes tratamientos con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* en el cultivo de soja, no siendo así para la variable peso de los nódulos, en la cual se observó un incremento en los tratamientos con ambas bacterias. Por lo cual, en próximas investigaciones se deberá analizar esta variable, para obtener un análisis más eficiente de la calidad de la nodulación. Los resultados obtenidos indican que la combinación de PGPM y bacterias fijadoras de nitrógeno permite lograr efectos beneficiosos sobre un proceso clave en la nutrición del cultivo de arveja. Es por ello que es importante inocular siempre, logrando una adecuada carga bacteriana sobre la semilla lo cual derivará en una mayor producción de masa seca nodular (Principiano, *Ibidem*).

Según Di Yenno *et al* (2022) en la zona núcleo de Argentina las arvejas compiten en área con la producción de trigo pan, por esto, el área dedicada a la legumbre oscila según el área que se destina al trigo y la rentabilidad que ofrecen ambos cultivos; esto coincide con los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los productores.

CONCLUSIONES

La información recopilada, analizada y evaluada permite concluir que:

- El cultivo de arveja respondió favorablemente a la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno.
- Se evidencia un mayor tamaño de nódulos en plantas tratadas con la combinación de *Rhizobium* y *Azospirillum*.
- Se debe incluir la variable peso de nódulos en un próximo trabajo de investigación para mejorar el análisis de la calidad de la nodulación.
- El cultivo de arveja no presenta ningún inconveniente para ser sembrado en el departamento San Lorenzo, en cuanto a condiciones edafoclimáticas. A pesar de eso, se debe considerar seleccionar una buena calidad de semilla, elegir lotes que no se inundan, utilizar terapicos de semillas y un monitoreo frecuente de enfermedades y plagas.

- La falta de producción de esta legumbre en esta zona se debe principalmente al factor cultural por parte del productor lo cual se asocia con la menor disponibilidad de capacitaciones y asesoramiento técnico especializado en el área de influencia de la Escuela.

BIBLIOGRAFÍA

- Braccini L. A., Gonçalves Mariucci, G. E., Kazumi Suzukawa A., Da Silva Lima, L. H., Piccinin, G. G. (2016). Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, 15: 27-35.
- Caballero-Melado, J. y Fuentes-Ramirez, L. (2005). Bacterial Biofertilizers. En PGPR, Biocontrol and Biofertilization. 143-172. Springer, Dordrecht, The Netherlands: Z.A. Siddiqui
- Cassan, F.; Perrig, D.; Sgroy, V.; Masciarelli, O.; Penna, C. y 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.). European Journal of soil Biology, 45: 28-35.
- Di Yenno, F.; D'Angelo, G.; Frattini, C. ; Terré, E. (2022). La Arveja, un cultivo que crece y aporta valor a la economía argentina. Informe semanal mercados de la Bolsa de Comercio de Rosario. AÑO XXXIX - N° Edición 2046 - 08 de Abril de 2022. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/la-arveja-un>
- Loredó -Osti C., López-Reyes L. y Espinosa-Victoria D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. Terra Latinoamericana, 22: 225-239.
- Prietto, G. (2018). Arveja, una alternativa para potenciar la secuencia de cultivos en la zona núcleo. 01/07/2018. Clarín.com/Rural.
- Principiano, M. (2013). Tesina de grado: Inoculación en Arveja (*Pisum sativum*) con bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM). Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Reed, M. y Glick, B. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek 86:1-25.
- Russelle, M. y Birr, A. (2004). Biological nitrogen fixation. Large-scale assessment of symbiotic dinitrogen fixation by crops: Soybean and alfalfa in the Mississippi river basin, J. Agron., 96, 1754.
- Sistema de Información Simplificado Agrícola-SISA- (2023). Arveja 2022-2023. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_if_arvejas_2022_2023.pdf
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., Okon, Y. (2009). Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. Adv. Bot. Res., 51: 283-320.