

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

UNLP



INFORME DE TRABAJO FINAL

Modalidad: Trabajo de Investigación

EVALUACION DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO EN TOMATE

ALUMNO: Saino, Torcuato José

DNI: 36683962

Nro de Legajo: 26863/3

Correo Electrónico: torcuatosaino@gmail.com

Teléfono: 2215674809

Directora: MSc. Carbone, Alejandra

Fecha de entrega: 4 de septiembre de 2020

INDICE:

Resumen:	3
Introducción:	3
Ecología de las PGPR (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas):	5
Modo de acción de las PGPBs:	6
Mecanismos PGPBs:	6
Esquema de los mecanismos de acción de las bacterias PGPR	7
Producción de Fitohormonas:	7
Solubilización de fósforo:	8
Producción de antibióticos:	8
Producción de Sideróforos:.....	9
Características de las bacterias a analizar:	9
Glucanacetobacter diazotrophicus:	9
Bacillus subtilis:	10
Pseudomonas fluorescens:.....	10
Azospirillum brasilense:	11
Antecedentes del uso de PGPB en el Cinturón Hortícola Platense (CHP):.....	11
Objetivo general:.....	12
Objetivos específicos:	12
Materiales y métodos:.....	13
Inoculante multiespecie:	13
Resultados y discusión:	15
Parámetros de crecimiento vegetativo:.....	15
Quinta Viento Norte:	15
Quinta Mario:	19
Parámetros de rendimiento:	24
Conclusiones:	27
Consideraciones finales:.....	27
Bibliografía:.....	27

Resumen:

El tomate es el cultivo hortícola de mayor relevancia en el Cinturón Hortícola Platense (CHP) con alta demanda de insumos y mano de obra. Debido al monocultivo es necesaria la implementación de nuevas prácticas ambientalmente sustentables y en este sentido, las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPB) son una herramienta valiosa para incrementar el crecimiento y la producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la inoculación con PGPB en el crecimiento vegetativo y rendimiento de tomate cv. Elpida en dos quintas del CHP con distinta historia en la producción de tomate. Se inocularon bandejas con 4 cepas bacterianas a una concentración de 5×10^8 UFC/ml al momento de la siembra y sobre los plantines, antes de ser transplantados, mientras que 4 bandejas correspondieron al testigo sin inocular. Se evaluó diámetro de tallos, altura, número y longitud de las hojas en ambas quintas productivas, y al momento de las cosechas se contabilizó el número de frutos y el peso medio de los mismos por planta. Los parámetros de crecimiento vegetativos se vieron estadísticamente incrementados en la Quinta con historia productiva en tomate, siendo menos marcados en la quinta que realizó el cultivo por vez primera. El rendimiento no manifestó diferencias estadísticamente significativas con la inoculación, pero mostró tendencia al incremento de la producción con la obtención de mayor número y peso medio de frutos por planta. El rinde se vio incrementado un 8,36% en la quinta donde se efectuó el cultivo de tomate por primera vez indicando una mayor eficiencia en la distribución de fotoasimilados a los órganos de cosecha. Es necesario continuar el estudio y ajustar las dosis y momentos de aplicación de los PGPB a fines de incrementar sus beneficios en el sistema actual de producción.

Introducción:

En la República Argentina se consume 27 kg de tomate por habitante y por año (Ministerio de Agroindustria, 2016). Se estima que unas 17.800 ha se destinan a este cultivo, siendo Mendoza, Mar del Plata, NEA, NOA y el Cordón Hortícola del Gran Buenos Aires (CHGBA) las principales zonas productoras (Argerich y Troilo, 2011).

Se estimó para el año 2009 que dentro de las hortalizas de mayor relevancia económica, el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ocupaba un lugar de importancia considerable, con una superficie que ronda las 1.400 ha, con alta predominancia del cultivo bajo invernáculo, mayormente en el Cinturón Hortícola Platense (CHP) (Argerich et al., 2011; Fernández Lozano, 2012).

Gran parte de esta producción se realizaba a campo, hasta que en la década de los '80 se fue incrementando el uso de invernaderos, con una notable expansión y difusión de esta tecnología en la década del '90. Esta modalidad productiva produjo incremento en los rendimientos de los cultivos hortícolas, debido a la implementación de innovaciones tecnológicas, fundamentalmente dirigidas al proceso productivo, como el uso de variedades mejoradas e incorporación de híbridos, incremento del empleo de fertilizantes, y mejoramiento en la tecnología de riego (Fernández Lozano, 2012).

Los rendimientos actuales de tomate en el CHGBA oscilan entre 1,6 - 3 kg/planta en cultivos a campo y 4 - 6 kg/planta en invernadero (Argerich, 1995).

Su amplia difusión y la producción intensiva llevaron al deterioro del suelo y propagación de enfermedades, siendo importante el surgimiento de alternativas para el tratamiento de dichas adversidades como por ejemplo la solarización, el uso de portainjertos resistentes y/o tolerantes a enfermedades, y tratamientos con bio-estimulantes del crecimiento.

Una de las estrategias más comúnmente utilizadas es mejorar la fertilidad de los suelos para incrementar la producción agrícola en la región pampeana manteniendo elevados niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P) disponible (Mäder *et al.*, 2002; Von Lützow *et al.*, 2002) constituyendo el desafío más importante para los productores agropecuarios (Leinweber *et al.*, 2002) dentro del contexto de una agricultura sustentable.

El uso de fertilizantes químicos asegura niveles de producción elevados de los cultivos, pero su uso indiscriminado es responsable de diversos daños que pueden llegar a ocasionar en el ambiente (Olivares Pascual, 2006). Puede mencionarse como se ven afectados los ciclos globales de los nutrientes, contaminando las aguas subterráneas y superficiales, incrementando los riesgos de intoxicaciones químicas y aumentando los niveles de gases productores de efecto invernadero (Olivares Pascual, 2006).

En los últimos años, la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) y el estudio de microorganismos promotores del crecimiento de los cultivos, como los solubilizadores o movilizadores de fósforo (entre otros), han cobrado relevancia ya que pueden evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados con el consiguiente ahorro en el consumo de energía y la disminución de la degradación del medio (Richardson *et al.*, 2005).

En el marco de la necesidad del desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles, es decir, dando especial importancia al incremento de la producción agrícola junto con la preservación del ambiente, la FBN y las PGPR (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal), son vistos como una fuente esencial y potencial de nutrientes para los cultivos, especialmente en las áreas de

producción agrícola de bajos insumos que caracterizan las extensas superficies que suman los pequeños productores de los países en desarrollo (McInnes and Haq, 2007). Esto también se aplica a las grandes áreas de suelos fértiles de la pampa argentina, donde la agricultura es, en gran parte, extractiva, como lo demuestra el bajo consumo de fertilizantes (Urquiaga *et al*, 2004).

En el suelo se encuentran comúnmente un gran número de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetes, protozoos y algas (Johansson *et al.*, 2004). Se utiliza el término “rizósfera” para describir la parte del suelo en la que se induce la proliferación de microorganismos por la presencia del sistema radicular de las plantas (Gárate and Bonilla, 2000). En la rizófera hay expresión de relaciones simbióticas mutualistas entre microorganismos y plantas, debido a exudados orgánicos útiles para el metabolismo microbiano ya que la raíz proporciona un nicho ecológico. Los microorganismos, a su vez, brindan numerosos beneficios, como pueden ser: influencia en el crecimiento y actividad metabólica de la raíz e influencia en las propiedades físicas y químicas del suelo (González-Chávez *et al*, 2004). Entre estos microorganismos benéficos para las plantas se encuentran las PGPR.

Ecología de las PGPR (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas):

Se encuentran dos tipos de bacterias del suelo que producen beneficios a plantas, aquellas que establecen una relación simbiótica y las que no, también denominadas de “vida libre”. Estas últimas a menudo se encuentran cerca, sobre las raíces o aún dentro de las mismas (endófitas) (Kloepper *et al*, 1980; Frommel *et al*, 1991). Las bacterias simbióticas, especialmente los rizobios (*Rhizobium* spp), han sido estudiadas extensamente, con mayor atención a la asociación rizobio-leguminosa (Bohloul, 1990).

Por otro lado, las bacterias no simbióticas del suelo que son benéficas para las plantas generalmente son conocidas como PGPR (Kloepper *et al*, 2004a). Estas deben cumplir tres características intrínsecas: (i) ser capaces de colonizar la raíz y/o su zona de influencia; (ii) sobrevivir y multiplicarse en los micro-hábitats asociados a la superficie de la raíz donde compiten con la microbiota natural, al menos el tiempo suficiente para ejercer de forma efectiva su actividad promotora del crecimiento y (iii) estimular el crecimiento vegetal (Kloepper *et al*, 2004a; Kloepper *et al*, 2004b).

Bashan y Holguin (1998) propusieron un nuevo concepto para definir científicamente las PGPRs: por un lado, las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal por Biocontrol (Biocontrol-PGPB), que incluye las bacterias que suprimen el desarrollo de patógenos, ya sea por producción de sustancias inhibitorias o por incremento de la resistencia natural de la planta, y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB), aplicable a las bacterias que afectan a las

plantas por medio de otros mecanismos diferentes al Biocontrol, tales como: solubilización de fosfatos, producción de fitohormonas, bio-fijación de N₂, etc. Con estos términos se incluyen todos los grupos bacterianos que son beneficiosas para las plantas. Bashan y Levanony (1990) defienden la actuación conjunta de diversos mecanismos (directos e indirectos), siendo los mecanismos individuales menos importantes que si operan de manera conjunta.

El número de especies de bacterias identificadas como PGPB ha aumentado recientemente como consecuencia de los numerosos estudios que abarcan una gama más amplia de especies de plantas y debido a los avances en la taxonomía bacteriana y en el progreso en la comprensión de los diferentes mecanismos de acción de las PGPBs (Ochoa *et al*, 2010). Dentro de este grupo encontramos bacterias pertenecientes a un gran número de géneros bacterianos como *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* y *Bacillus* (Kloepper *et al*, 1980).

Modo de acción de las PGPBs:

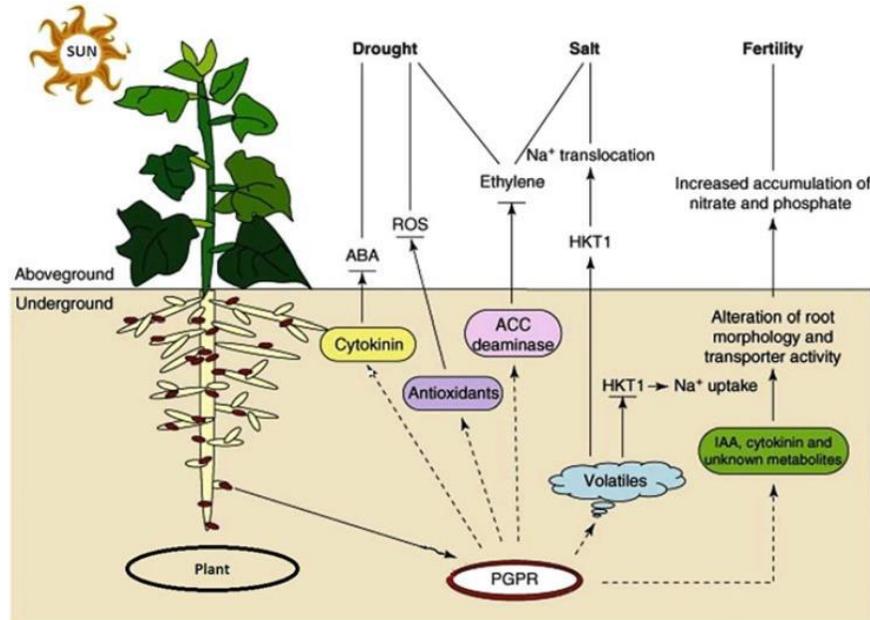
Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal pueden actuar sobre la planta de dos maneras diferentes. Ya sea de manera directa, las bacterias le proporcionan a la planta compuestos sintetizados por ellas mismas, produciendo el beneficio al vegetal. Estos compuestos pueden ser nitrógeno (N), hormonas del crecimiento y ciertos nutrientes como hierro (Fe) o fósforo (P), provenientes de la naturaleza o de actividades antropogénicas.

Por el contrario, en el mecanismo Biocontrol-PGPB, las bacterias protegen a las plantas de microorganismos fitopatógenos. Estos métodos suponen una alternativa potencial porque es un método de control biológico y su utilización como herramienta biotecnológica parece una esperanzadora realidad que reduciría los impactos adversos de agroquímicos, y permitiría una gestión razonable y sostenible del suelo (Antoun and Prévost, 2005).

Mecanismos PGPBs:

Son aquellos en los que el metabolito producido por la bacteria es en sí capaz de estimular el crecimiento vegetal, y, por lo tanto, ocurre independientemente del resto de la población microbiana edáfica (Kloepper *et al.*, 2004a; Kloepper *et al.*, 2004b) e incluso independientemente del soporte edáfico, es decir, no ejerce su efecto por modificación del sustrato.

Esquema de los mecanismos de acción de las bacterias PGPR



Fuente: Trabajo de tesis doctoral Daniel Benjumedá Muñoz. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.

Producción de Fitohormonas:

El mecanismo de acción directo de las PGPBs por excelencia, es la producción de fitohormonas. Algunas especies de los géneros *Pseudomonas*, *Azotobacter* y *Bacillus* liberan ácido indol-acético (AIA), giberelinas o citoquinas en la rizósfera de las plantas, ejerciendo un efecto estimulador del crecimiento, especialmente marcado cuando éstas están en estado de plántulas (Lugtenberg y Kamilova, 2009). El AIA posee efecto en las células al controlar los tropismos que se manifiestan como inclinaciones, giros o curvaturas del tallo y desarrollo del sistema radical. Se conoce que esta hormona otorga beneficios a la planta puesto que se incrementa la división, lo cual se traduce en un aumento de tamaño de los frutos y números de hojas (Ugla et al., 1996; Garcia Breijo et al., 2006). La promoción del desarrollo del sistema radical característico de este tipo de reguladores de crecimiento vegetal, es uno de los parámetros utilizados para determinar la efectividad de determinadas bacterias rizoféricas (Torres-Rubio et al., 2000). El rápido establecimiento de raíces, ya sea por elongación de la raíz primaria o por surgimiento de raíces laterales secundarias, permite a las semillas jóvenes tener pronto un acceso a nutrientes y agua provenientes de su medio ambiente (Patten and Glick, 2002).

Solubilización de fósforo:

Un elemento importante para el crecimiento y desarrollo vegetal es el Fósforo (P), que se constituye en el segundo nutriente limitante. La simbiosis rizobio-leguminosa es altamente sensible a la carencia de P, debido a que la FBN es un proceso que insume una gran cantidad de energía. El P es indispensable para la formación de las moléculas de ATP necesarias, a lo que se debe sumar el consumo para la formación de los tejidos de los nódulos y para los distintos procesos de reconocimiento genético (señales entre la planta y el rizobio). Por lo tanto, para que sea posible la nodulación y FBN, es necesario un aporte adecuado de P (Richardson, 2001). Los suelos son generalmente pobres en el contenido de P disponible para las plantas, cuyas concentraciones asimilables son muy bajas (entre 5 y 30 mg /Kg); esto se debe a que el P soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para las plantas. Los fosfatos inorgánicos aplicados como fertilizantes químicos también son inmovilizados en el suelo y como consecuencia no pueden ser aprovechados por los cultivos (Alexander, 1977). Los agentes de origen biológico son posibles de manejar y prácticamente tienden a mantener el P en sus estados de mayor disponibilidad, incrementando y manteniendo altas tasas de mineralización y movilización. Por lo tanto, los microorganismos son fundamentales para asegurar un mejor y mayor uso del P en el suelo (Barea and Azcón, 1983; Nautiyal et al., 2000). El propósito principal de las bacterias solubilizadoras de fosfato es optimizar la disponibilidad para las plantas de dicho elemento en el suelo, lo que genera un incremento en el rendimiento de cosechas ya que cambian las formas insolubles del P en el suelo en formas solubles (Chen et al., 2006).

Producción de antibióticos:

En las últimas décadas, una gran diversidad de microorganismos rizoféricos han sido descritos, caracterizados, y, en muchos casos, realizado la prueba de la actividad como agentes de biocontrol contra los patógenos. Estos microorganismos pueden producir sustancias que pueden limitar los daños causados por los fitopatógenos, por ejemplo, mediante la producción de antibióticos, sideróforos, y una variedad de enzimas. Estos microorganismos también pueden funcionar como competidores de los agentes patógenos para los sitios de colonización y nutrientes. Sin embargo, el control biológico todavía no ha llegado a ser ampliamente aplicado (Timmusk et al., 2014). En muchos de los sistemas de biocontrol, se ha demostrado que uno o más antibióticos juegan un papel en la supresión de la enfermedad. El grupo más estudiado de bacterias rizosféricas con respecto a la producción de antibióticos es el de *Pseudomonas fluorescens*, cuyas primeras sustancias implicadas en el control biológico fueron derivadas de la fenazina (Weller and Cook, 1983). Los genes que codifican las enzimas responsables de la síntesis de los metabolitos han sido aislados y se ha estudiado su regulación (Bangera and Thomashow, 1996). La presencia

de otras poblaciones bacterianas puede influir en la producción de fenazina por *Pseudomonas fluorescens*, ya que los mutantes de las mismas carecen de la capacidad para producir una señal necesaria para la inducción de la síntesis de antibióticos (Wood and Pierson, 1996).

Producción de Sideróforos:

Los sideróforos son compuestos producidos por diferentes microorganismos en el suelo, que basan su actividad en fenómenos de quelación, un fenómeno rutinario en los sistemas biológicos (Sánchez, 2006). La gran mayoría de los microorganismos fijadores de nitrógenos producen sideróforos para obtener el hierro (Fe), elemento necesario para llevar a cabo la FBN, ya que la enzima nitrogenasa, requiere 36 átomos de Fe para su correcto funcionamiento. Teniendo en cuenta la importancia del hierro en las funciones vitales de los microorganismos en general, se entiende la eficiencia de los mecanismos de captación generados por estos. Las bacterias aerobias y las aerobias facultativas tienen una alta afinidad por los sistemas transportadores de hierro, razón por la cual se excretan sideróforos que auxilian la toma eficiente de este elemento. Se ha sugerido que las Biocontrol-PGPB pueden prevenir la proliferación de fitopatógenos y así facilitar el crecimiento de plantas, sintetizando sideróforos que ligan la mayoría del Fe⁺³ presente en la rizósfera de la planta hospedante (Sánchez, 2006). Las células bacterianas, que originalmente sintetizan los sideróforos con una alta afinidad por el hierro, toman el complejo hierro-sideróforo usando un receptor de membrana celular exterior específico para el complejo (O'Sullivan and O'Gara, 1992). En este modelo, las Biocontrol-PGPB compiten exitosamente frente a los fitopatógenos fúngicos por el hierro disponible.

Características de las bacterias a analizar:

Glucanocetobacter diazotrophicus: es un microorganismo endófito que se ha aplicado con éxito sobre diferentes cultivos como caña de azúcar (*Saccharum* spp.), sorgo (*Sorgum bicolor* L. Moench.), boniato (*Ipomoea batata* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz.). La estimulación del crecimiento y rendimiento de las especies mencionadas, condujo a la realización de otras investigaciones, que han permitido la obtención de distintas formulaciones donde la bacteria constituye el principio activo. El efecto estimulador del crecimiento de *G. diazotrophicus* se asocia con diferentes características del microorganismo, donde se destaca su potencial para la FBN y su capacidad de producir distintas fitohormonas, fundamentalmente ácido indol-acético (auxinas). La solubilización de nutrientes minerales como fósforo, zinc, hierro y manganeso también podría contribuir a la estimulación del crecimiento vegetal por parte de la bacteria, al igual que su efecto antagonista, el que ha sido demostrado frente a diferentes organismos fitopatógenos. Sin embargo, los estudios realizados con *G. diazotrophicus* demuestran que no todas las cepas presentan las

mismas características bajo condiciones *in vitro*. Igualmente sucede en su interacción con la planta, por lo que el efecto que se logra con su aplicación también es variable. Las investigaciones con el microorganismo asociado a especies hortícolas son escasas.

Bacillus subtilis: es una bacteria Gram positiva habitante natural del suelo, la cual coloniza las raíces, compitiendo con los patógenos por espacio y sitios de infección. Las mayores poblaciones de *Bacillus* en suelos, se localizan entre los 2,5 y 5 cm de profundidad.

Se ha documentado que produce antibióticos naturales que debilitan la pared celular e inhiben el crecimiento de patógenos mediante la producción de sustancias como Bacilomycin, Fengimycin y Micoceryn, las cuales son consideradas como antibióticos contra hongos. Otro antibiótico es Bacilysin, citado como inhibidor de bacterias y levaduras (Guerrero y Salcido Real, 2014).

Pseudomonas fluorescens: es un bacilo Gram negativo, recto o ligeramente curvado pero no vibrioide, saprófito o sea que todo lo que ingiere pasa a través de la pared de su citoplasma. Se puede encontrar en el suelo y agua. Es incapaz de formar esporas y crece aeróbicamente. La temperatura óptima para su funcionamiento es de 25 a 30 °C, aunque puede crecer desde los 5 hasta 42 °C aproximadamente. No crece bajo condiciones ácidas ($\text{pH} \leq 4,5$) y necesita preferentemente pH neutro. Tiene movimiento activo en líquido por sus flagelos polares y su pigmento fluorescente (fluoresceína) la hace reaccionar frente a la luz ultravioleta, aunque recién cultivada o después de varios cultivos de laboratorio, puede ser que no reaccione. Estas bacterias pueden crecer en un medio mineral con iones de amonio o nitrato y un solo compuesto orgánico que funciona como única fuente de carbono y energía. La ganancia energética es obtenida por respiración aeróbica, no por fermentación y su crecimiento es rápido. Abundan en la superficie de las raíces, ya que son versátiles en su metabolismo y pueden utilizar varios sustratos producidos por las mismas, pero no establecen una relación simbiótica con la planta. Una de las características de *P. fluorescens* es su alta capacidad de solubilización de fósforo pudiendo realizarla por dos vías: la primera, es la producción de ácidos orgánicos (tales como ácido cítrico, oxálico, glucónico) que actúan sobre el pH del suelo favoreciendo la solubilización del fósforo inorgánico y liberando el fosfato a la solución del suelo. La otra vía de acción es a través de las fosfatasas que son enzimas hidrolasas (monoesterasas y diesterasas fosfóricas) que actúan sobre las uniones ésteres liberando los grupos fosfatos de la materia orgánica a la solución del suelo. Ambas vías generan una mayor cantidad de fosfato para ser absorbido por las raíces de las plantas. Otro aspecto destacable es que *P. fluorescens* poseen la capacidad de producir sustancias estimuladoras del crecimiento, ya que éstas pertenecen a un grupo llamado “estimuladores del crecimiento vegetal” cuyas principales ventajas son las de estimular la germinación de semillas, acelerar el crecimiento de las plantas especialmente en sus primeros estadios, inducir la iniciación radicular e incrementar la formación de raíces y pelos radicales. Las

principales sustancias producidas son de tipo hormonal como auxinas, giberelinas y citoquininas, pero también producen sustancias de otro tipo como aminoácidos y promotores específicos del crecimiento. Estos efectos se dan siempre que sea adecuada la concentración de organismos en el sistema radicular y en el suelo haya suficiente cantidad de materia orgánica.

Azospirillum brasilense: es una bacteria Gram negativa, capaz de fijar nitrógeno en presencia de bajos niveles de oxígeno, lo que la convierte en un diazótrofo microaerobio. Fue aislada en 1925 en suelos pobres en nitrógeno en los Países Bajos, y actualmente está ampliamente distribuida en las rizósferas de pastos de todo el mundo, donde confiere la promoción del crecimiento de las plantas. Se debate si dicha promoción del crecimiento vegetal se produce a través del flujo directo de nitrógeno de la bacteria a la planta o mediante la regulación hormonal.

Antecedentes del uso de PGPB en el Cinturón Hortícola Platense (CHP):

La producción hortícola, en los últimos años, ha recurrido al uso de productos biológicos ambientalmente amigables que constituyen una herramienta útil para incrementar la provisión de nutrientes a la planta, con respuestas alentadoras sobre el crecimiento, rendimiento y sanidad (Jee, 2004). En las especies hortícolas es aún escasa la información disponible sobre la respuesta de los cultivos a este tipo de formulaciones, pero las experiencias locales señalan efectos favorables sobre el crecimiento de las plántulas y en la productividad del cultivo (Carletti et al., 2011a, b; Carletti et al., 2012a).

La inoculación de plantas de tomate Platense 15 días después del transplante con cepas de *A. brasilense* incrementó el peso medio de los frutos cosechados, y si bien el rendimiento no fue significativamente modificado, las plantas inoculadas presentaron una tendencia a aumentar su producción, con incrementos de entre 11% y 16%, respecto al testigo (Garbi et al., 2012a). Vita et al., (2007) en experiencias realizadas con tomate Platense inoculados con cepas de *A. brasilense*, observaron incrementos significativos del 56% en el número de tomates por planta inoculada donde el peso fresco promedio de los frutos fue 256g, mientras que el de los controles fue en promedio 201g. La misma respuesta fue observada con el inoculante experimental M3, en un ensayo en cultivo orgánico de tomate "cherry", donde el número de frutos por planta, el peso medio y la producción total de tomates por planta se vio incrementada por la inoculación (Carletti et al., 2008).

Ensayos realizados en la EEJH (partido de La Plata), donde se evaluó el efecto de la inoculación con diferentes PGPB sobre el crecimiento y rendimiento de tomates injertados con la combinación estiónica del híbrido Satanás sobre porta injerto Maxifort conducidos a 2 ramas fueron realizados

por Martínez et al., 2015 y Vacca, 2015. Dichos autores informaron que no se registraron diferencias en el rendimiento total de frutos, pero se observó una tendencia favorable a incrementos en los tratamientos inoculados con *Trichoderma*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* y la combinación de *Azospirillum* + *Trichoderma*, indicando un efecto mejorador en este parámetro. Estos PGPB mostraron tendencia a la mejora del número y peso medio de los frutos cosechados, con muy buena sanidad durante todo el ciclo del cultivo (Martínez et al., 2015; Vacca, 2015).

Asimismo, hay información disponible sobre los efectos benéficos de la inoculación con diversas cepas de PGPB sobre diversos cultivos hortícolas, como lechuga, frutilla, zapallito de tronco, brócoli, espinaca, pepino, entre otros, que mencionan estos preparados como una práctica promisoriosa para incrementar la producción en dichos cultivos (Garbi et al., 2013).

Objetivo general:

En función de los antecedentes mencionados el **Objetivo general** de este trabajo consistió en evaluar la respuesta de la inoculación con diversas bacterias estimulantes del crecimiento vegetal sobre el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de tomate bajo cubierta en invernadero con diferente historia productiva de sus suelos.

Objetivos específicos:

Evaluar parámetros del crecimiento vegetal en respuesta a la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento en plantas de tomate.

Evaluar el rendimiento y peso medio de los frutos obtenidos en plantas de tomate inoculadas con bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Determinar el efecto de la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento en establecimientos productivos con diferente historia en el cultivo de tomate.

Materiales y métodos:

El ensayo se realizó en dos quintas, una de ellas situada en la calle 625 y 159, Arana, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires (35°00'53.4"S 57°56'04.2"W). Dicho establecimiento se llama Viento Norte y viene efectuando cultivo de tomate hace muchos años, por lo que cuenta con historia productiva en este cultivo.

La otra quinta está ubicada en la calle 175 y 612, Poblet, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires (35°01'12.1"S 57°57'33.8"W). Dicho establecimiento se llama Mario y realizó el cultivo de tomate por primera vez.

Las plántulas fueron obtenidas mediante germinación en speedling, rellenos con sustrato compuesto por turba, perlita y vermiculita, en proporciones de 60-30-10, respectivamente. Los plantines fueron provistos por la empresa Plantar SRL con ubicación en la calle 44 y 242 (Angel Etcheverry, Partido de La Plata).

El cultivar que se utilizó fue Elpida (Enza Zaden®), que es una variedad de tomate redondo, con crecimiento indeterminado, líder en el mercado, de entrenudos medios, con peso de fruto entre 210-240gr promedio, muy buen cierre pistilar, sin hombro verde. Presenta resistencia a ToMV, TSWV, *Fusarium oxysporum*, (Ff:1-5), Powdery mildew (*Leveillula taurica* Lt), *Verticillium albo-atrum* y *dahliae* (Va y Vd), *Meloidogyne arenaria*, *incognita* y *javanica* (Ma, Mi, Mj).

Inoculante multiespecie:

Se eligió una dosis de inoculante multiespecie formulado con cultivos crecidos de 4 especies bacterianas con propiedades de bacterias PGPB en el cultivo de tomate. Los microorganismos se hicieron crecer en los siguientes medios de cultivo a 30°C, en shaker agitado a 180 rpm durante 48 horas.

Cepas bacterianas utilizadas:

Cepa	Medio de Cultivo ^b	pH inicial/final	CFU mL ⁻¹ ^c	Fuente
<i>A. brasilense</i> Az39	CR	6,8 / 7,00	~ 10 ⁹	(Rodriguez-Cáceres et al. (1999)
<i>Bacillus</i> sp. Dm-B10	LB	7,0 / 8,30	~ 10 ⁸	Toledo et al. (2011)
<i>G. diazotrophicus</i> PAL5	LGI	6,0 / 6,16	~ 10 ⁹	Cavalcante V, Döbereiner J

fenométricos sobre 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento y repetición. Los parámetros que fueron relevados son los siguientes:

-Diámetro de tallo, con uso de calibre y expresado en mm.

-Altura de planta, mediante el uso de cinta métrica y expresado en cm.

-Largo de hojas, mediante uso de cinta métrica, midiendo la longitud existente entre la base y el extremo distal de la lámina foliar.

-Cantidad de hojas totalmente expandidas.

Al pasar al estado reproductivo se comenzó a registrar el rendimiento, que se efectuó cada 8-10 días y contempló la toma de los siguientes parámetros:

-Número de frutos por planta.

-Peso de los frutos, mediante uso de balanza gravimétrica.

El fertirriego y las prácticas de manejo cultural estuvieron sujetas al manejo convencional de los productores en ambas quintas.

En cada Quinta se efectuaron los dos tratamientos: inoculada y testigo y cada parcela contó con 5 metros de longitud en las que se midieron 10 plantas que se mantuvieron identificadas para continuar con las mediciones posteriores.

Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza, comparando las diferencias entre medias por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

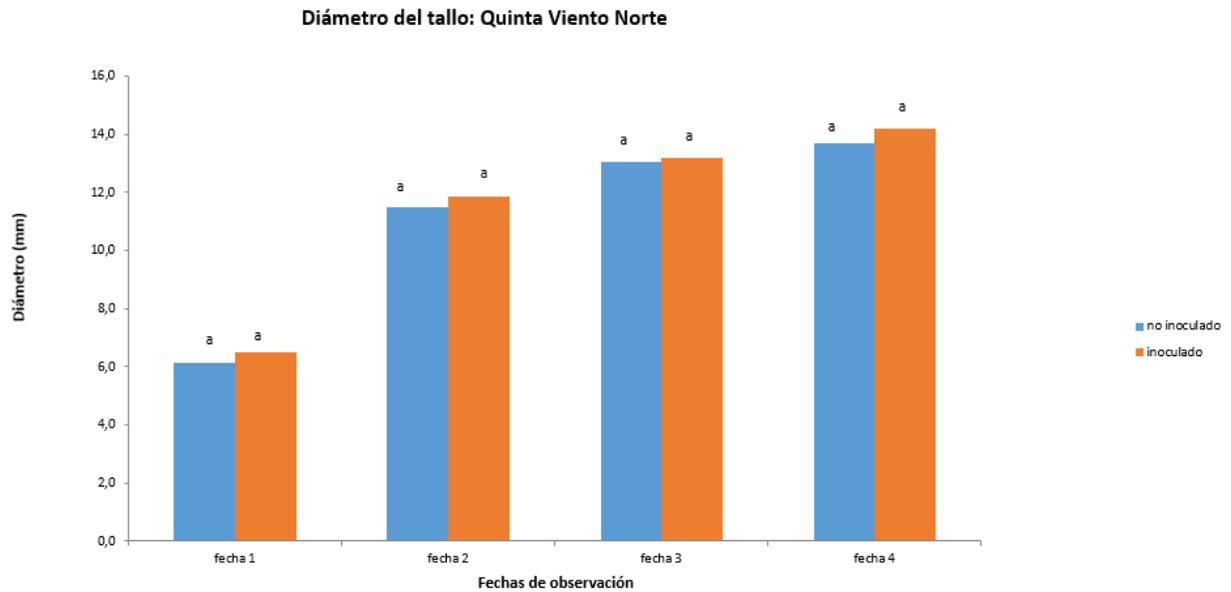
Resultados y discusión:

Parámetros de crecimiento vegetativo:

Quinta Viento Norte:

Los resultados obtenidos de diámetro de los tallos de las plantas de tomate cv. Elpida en la Quinta Viento Norte, donde se realiza este cultivo desde hace numerosos años, se presentan en el gráfico 1. Puede observarse que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos realizados en las cuatro fechas evaluadas.

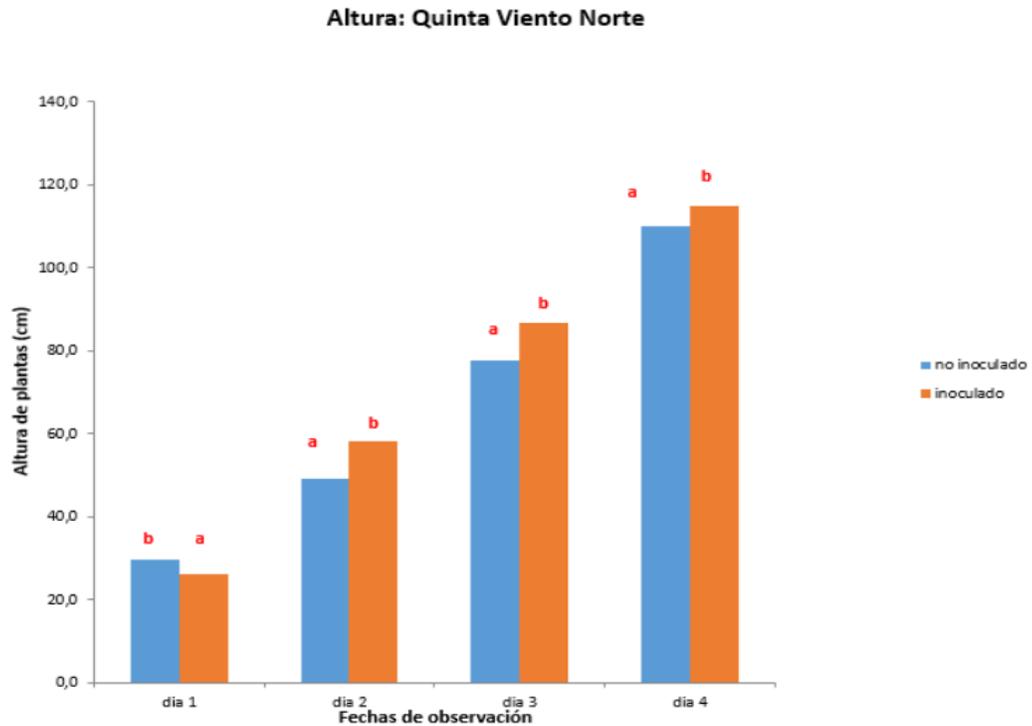
Gráfico 1. Diámetro de tallos (mm) de plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Viento Norte inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los datos de altura de las plantas de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Viento Norte indica que hubo diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control y las que recibieron la inoculación. Estas diferencias se sostuvieron en las cuatro fechas de relevamiento, tal como puede observarse en el gráfico 2. En las fechas de observación 2, 3 y 4 los mayores registros de altura correspondieron a las plantas inoculadas marcando un efecto beneficioso en este parámetro respecto a las no inoculadas.

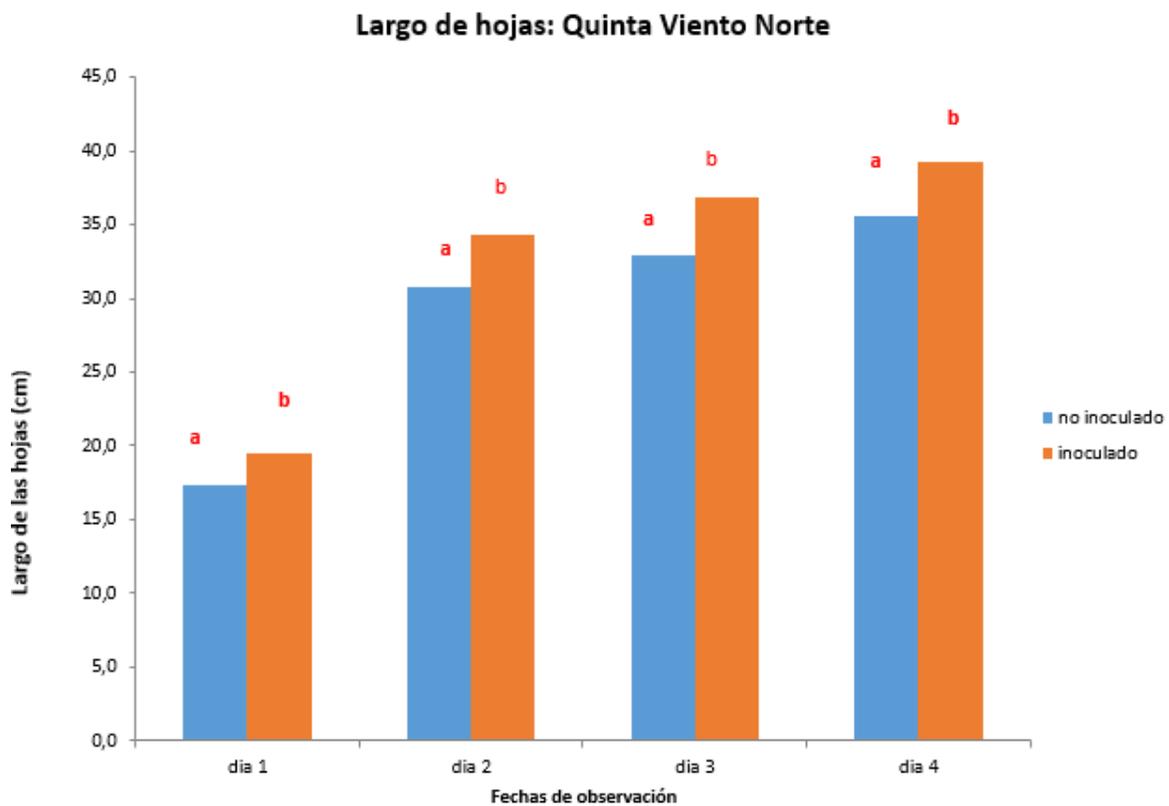
Gráfico 2. Altura de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Viento Norte inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos de largo de las hojas de las plantas de tomate cv. Elpida indican que hubo diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control (no inoculadas) y las que recibieron la inoculación. Estas diferencias se sostuvieron en las cuatro fechas de relevamiento, tal como puede observarse en el gráfico 3. La longitud de las hojas fue mayor en las plantas inoculadas respecto a las no inoculadas, mostrando un efecto de promoción en este parámetro vegetativo.

Gráfico 3. Largo de las hojas de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Viento Norte inoculados y sin inocular.

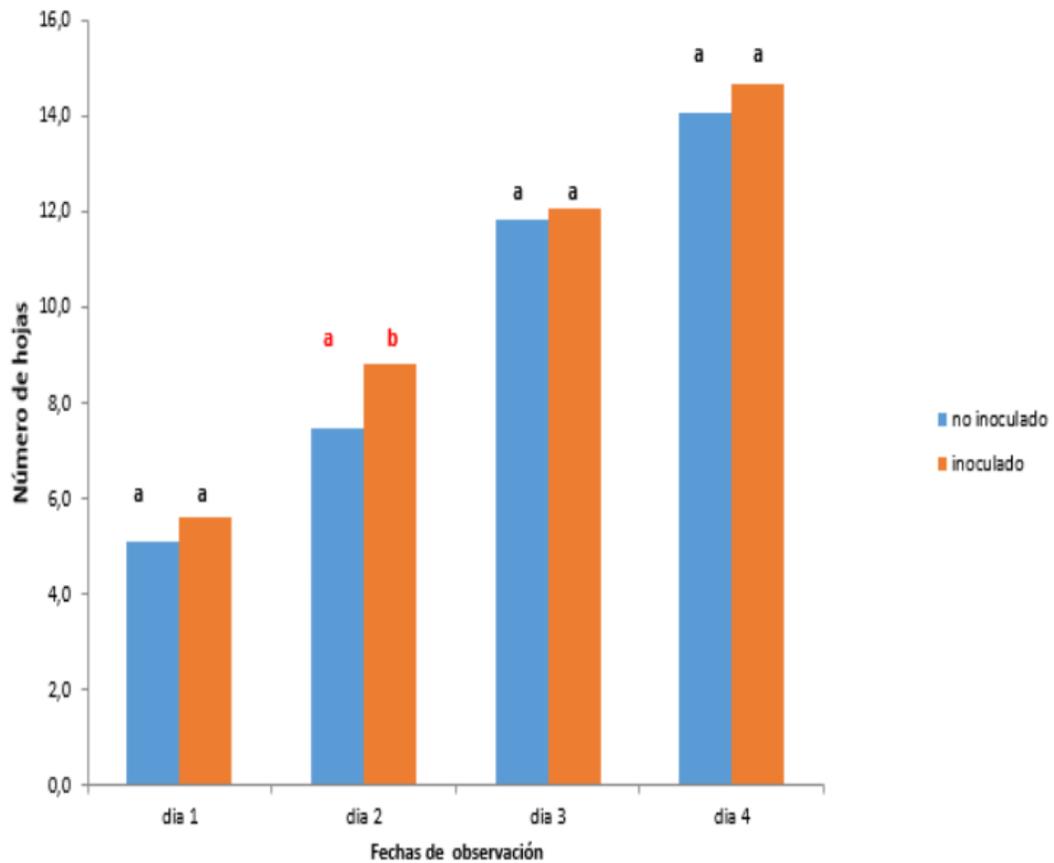


Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos referidos al número de hojas de las plantas de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Viento Norte, indica que sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control (no inoculadas) y el inoculado en la fecha 2. En las fechas restantes de observación no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, como puede observarse en el gráfico 4.

Gráfico 4. Número de hojas de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Viento Norte inoculados y sin inocular.

Número de hojas: Quinta Viento Norte

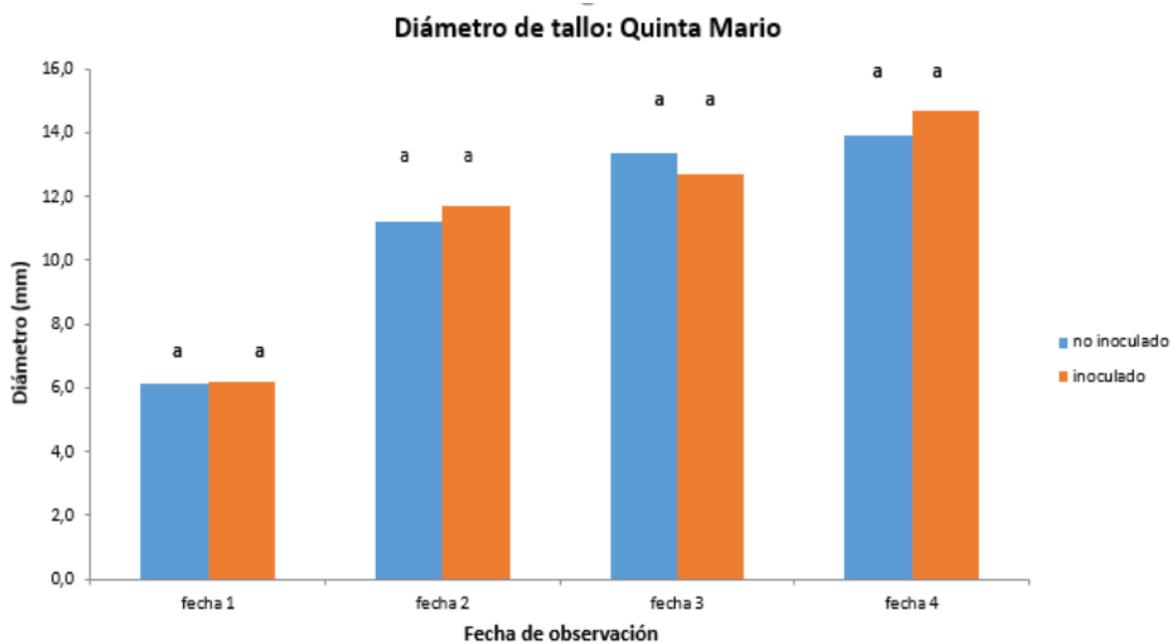


Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Quinta Mario:

No fueron observadas diferencias estadísticamente significativas en los resultados de diámetro de los tallos de las plantas de tomate cv. Elpida cultivadas en la Quinta Mario. Como puede observarse en el gráfico 5, los valores obtenidos en esta Quinta son muy cercanos a los relevados en Viento Norte para las cuatro fechas evaluadas.

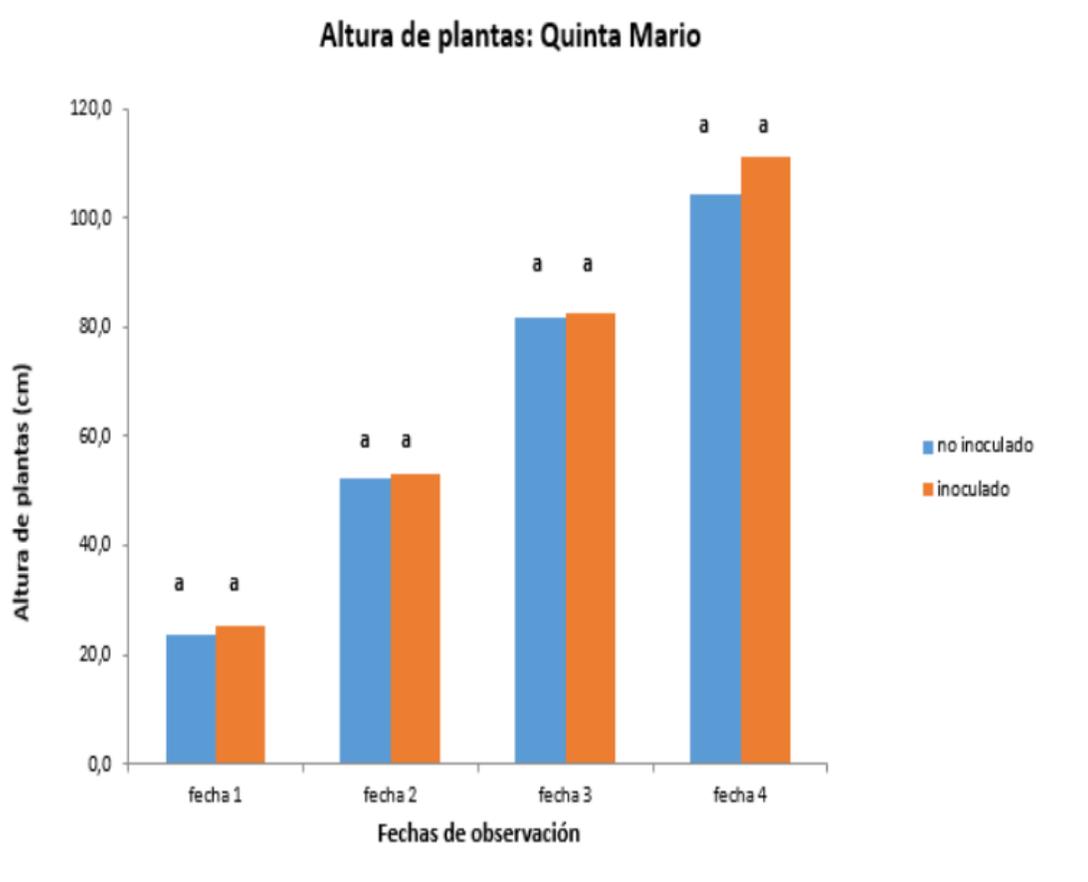
Gráfico 5. Diámetro de tallos (mm) de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Mario (Poblet) inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados de altura de las plantas de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Mario se pueden observar en el gráfico 6. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control y las que recibieron la inoculación en ninguna de las cuatro fechas relevadas. A diferencia de lo observado en la Quinta Viento Norte, donde este parámetro se vió favorecido con la inoculación, en esta Quinta no hubo diferencias estadísticas si bien se registró una tendencia notoria de mayor altura de plantas en la fecha de observación 4 (gráfico 6).

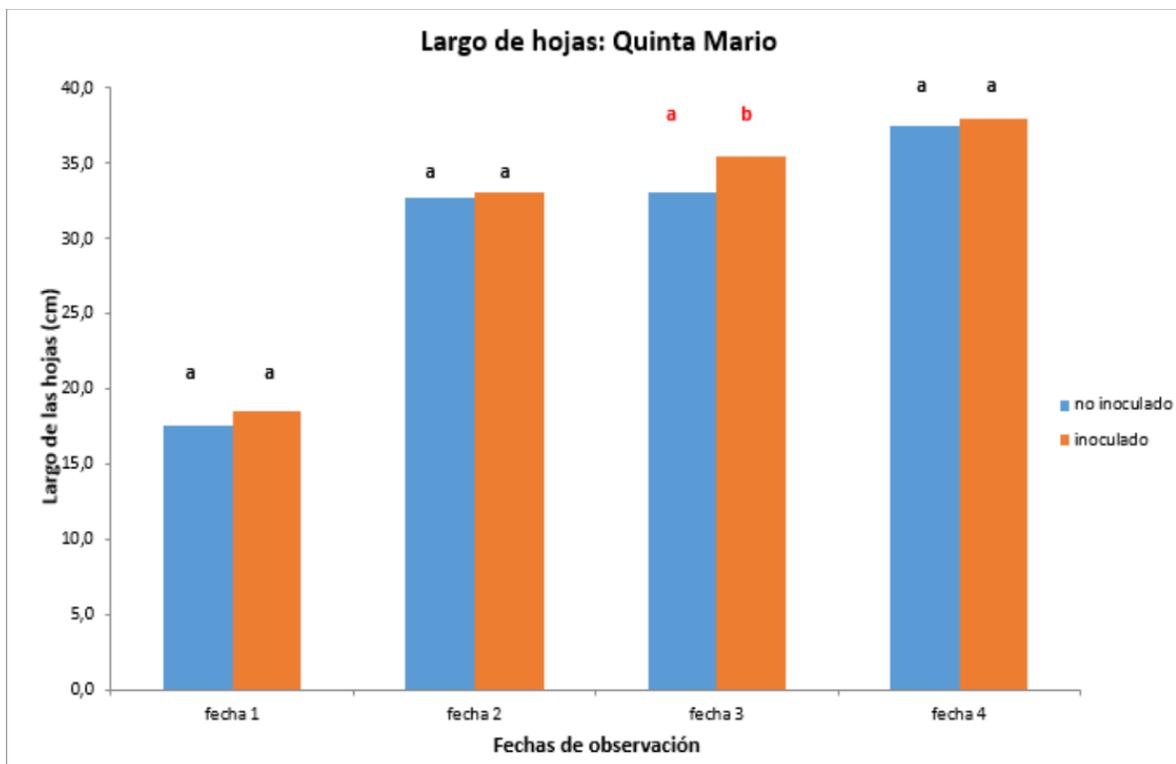
Gráfico 6. Altura de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Mario (Poblet) inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados del largo de las hojas de las plantas de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Mario señala que hubo diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control y las que recibieron la inoculación, solamente en la fecha 3. Los valores fueron significativamente mayores para las plantas inoculadas respecto al control, como puede observarse en el gráfico 7. En esta Quinta no fue observado un efecto notable de la inoculación sobre los parámetros de crecimiento vegetativos evaluados, en contraste a lo registrado en la Quinta Viento Norte.

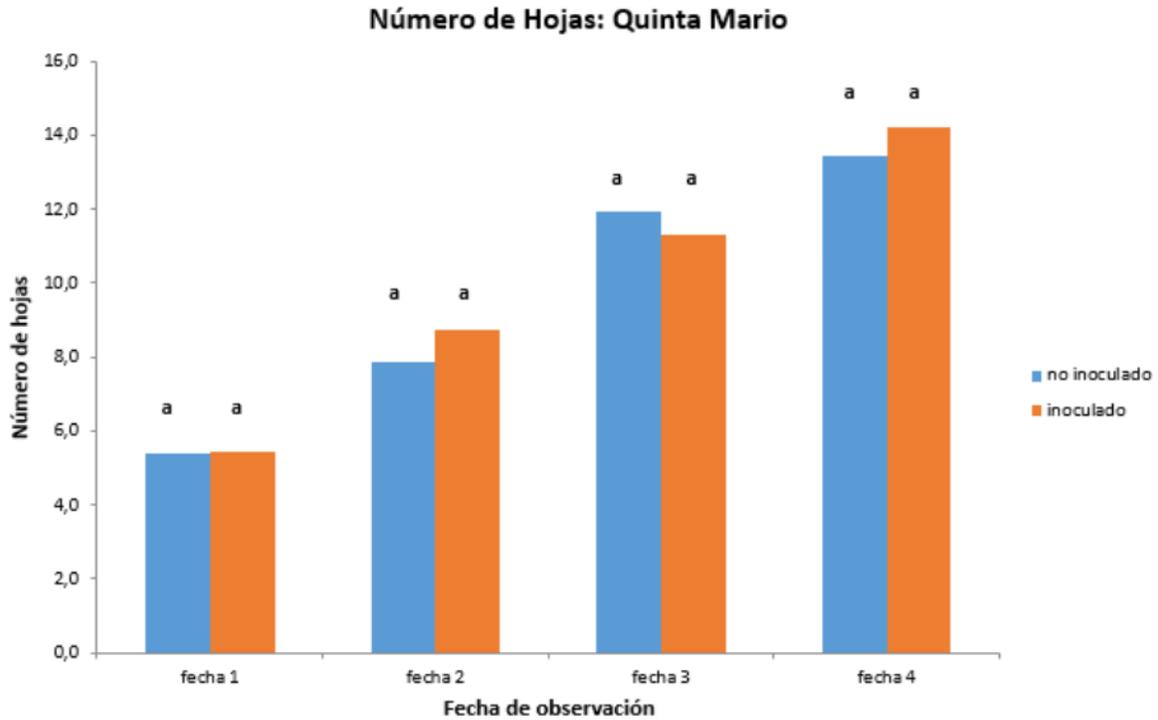
Gráfico 7. Largo de las hojas de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Mario (Poblet) inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los datos de número de hojas de las plantas de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Mario indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos control e inoculados en ninguna de las cuatro fechas relevadas, como puede observarse en el gráfico 8.

Gráfico 8. Número de hojas de las plantas de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Mario (Poblet) inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

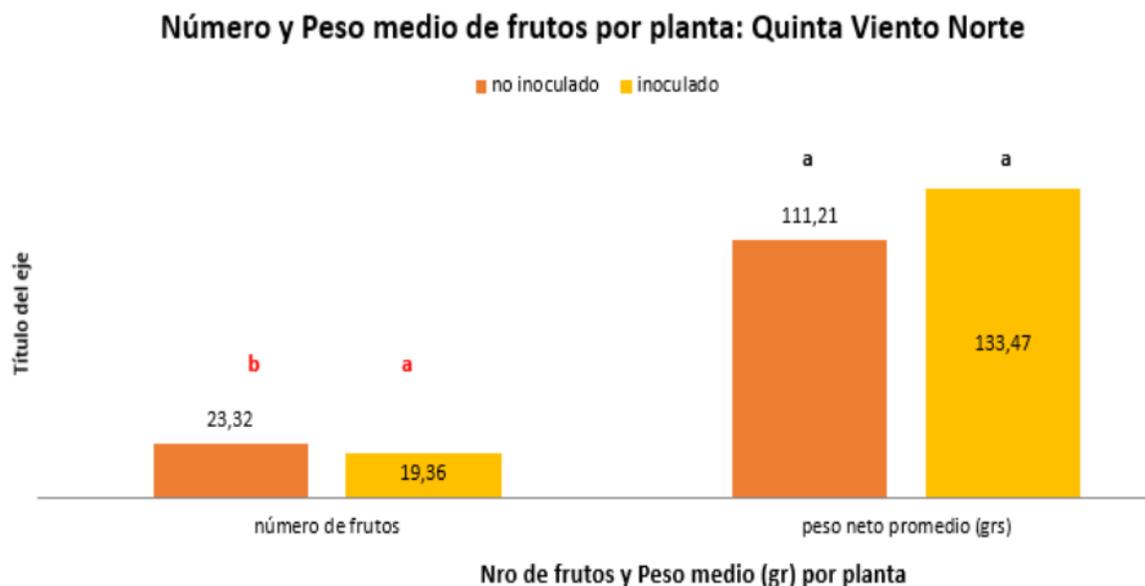
Si bien la inoculación tiene efectos beneficiosos en cuanto al crecimiento inicial y el buen anclaje de las plantas como menciona la bibliografía, en este trabajo no se encontraron diferencias marcadas de crecimiento vegetativo en la Quinta Mario donde se realizó el cultivo de tomate por vez primera. Sí fue notorio el incremento de altura y largo de las hojas, en las plantas cultivadas en la Quinta Viento Norte, donde se realiza cultivo de tomate desde hace numerosas campañas y el suelo está muy exigido por la demanda nutricional.

Parámetros de rendimiento:

Los resultados del número y peso medio de frutos por planta en el ensayo realizado en la Quinta Viento Norte se presentan en el gráfico 9. El número de frutos totales producidos por planta mostró diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control y las inoculadas. Se registró mayor número de frutos por planta en el tratamiento no inoculado con un valor de 23,32 versus 19,36 el inoculado.

El peso medio neto (g) de frutos por planta, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, con valores de 133,47 g en las inoculadas versus 111,21 g en el tratamiento control. Aquí puede observarse que si bien el tratamiento de inoculación no favoreció el incremento en el número de frutos, sí mostró una tendencia a que los mismos tuvieran un incremento del 20% de su peso medio, tal como puede observarse en el gráfico 9. Este incremento registrado en el peso de los frutos cosechados en las plantas inoculadas, podría ser atribuido a una mejora en la redistribución de los fotoasimilados y en el consecuente llenado de los órganos destino.

Gráfico 9. Número de frutos y Peso neto promedio (gr) de frutos por planta de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Viento Norte inoculados y sin inocular.

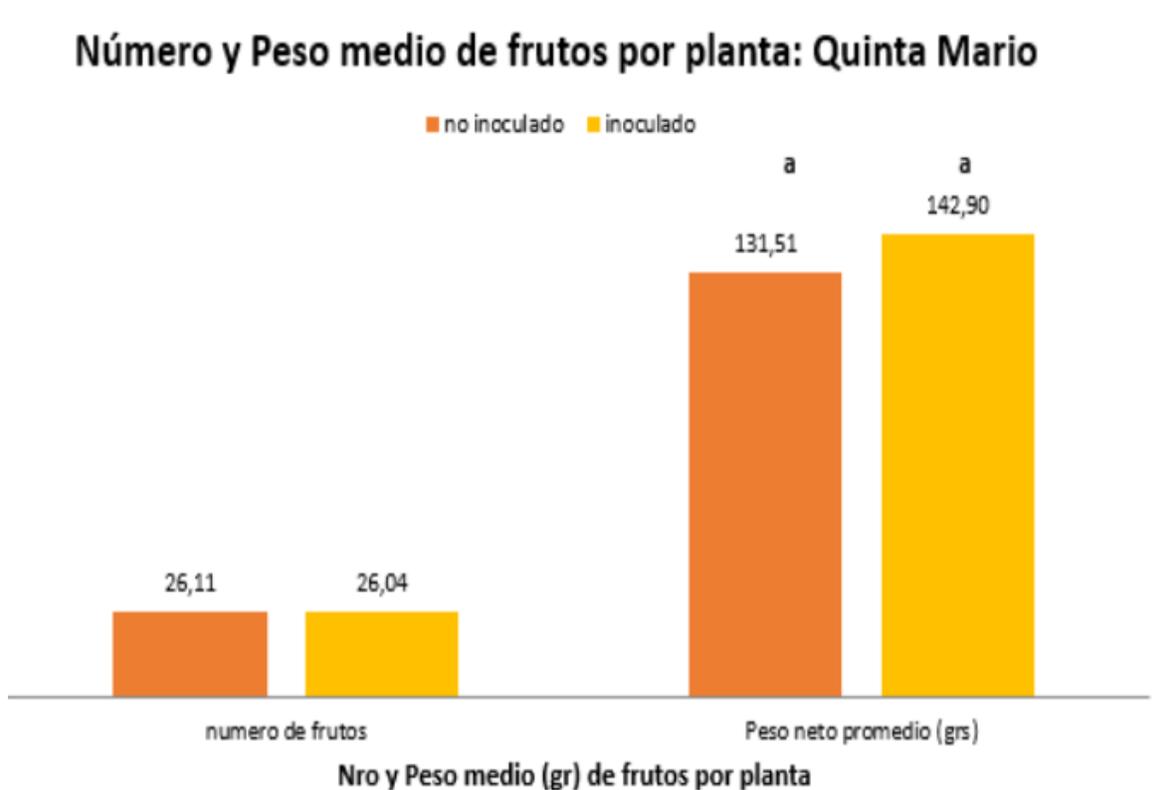


Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Los resultados del número de frutos y peso medio de frutos por planta en el ensayo realizado en la Quinta Mario se presentan en el gráfico 10. El número de frutos totales producidos por planta no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las plantas control y las inoculadas.

El peso medio neto (g) de frutos por planta, tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, mostrando valores de 142,9 g en las inoculadas versus 131,51 en el tratamiento control. Es destacable que en esta quinta, la inoculación favoreció un 8,7% el peso medio de los frutos obtenidos por planta, respecto al control, señalando una mejora en los calibres de los frutos cosechados y en la distribución de los fotoasimilados.

Gráfico 10. Número de frutos y Peso neto promedio (gr) de frutos por planta de tomate cv. Elpida cultivados en la Quinta Mario (Poblet) inoculados y sin inocular.



Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Rendimiento total por ha:

El cálculo de rendimiento total por unidad de superficie, se efectuó considerando la distancia entre surcos de 1,8 m, una distancia entre plantas de 0,25 m y contemplando unas 22.000 plantas por ha. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Rendimiento total (kg/ha) en el cultivo de tomate cv. Elpida realizado en la Quinta Viento Norte y Mario, inoculados y sin inocular.

Tratamiento	Quinta Viento Norte	Quinta Mario
No Inoculado	57620 a	76287,6 a
Inoculado	57428 a	82667 a

Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada fecha evaluada según Test de Tukey ($p < 0,05$).

Como puede observarse en la Tabla 1, no fueron observadas diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los tratamientos evaluados. En la Quinta Mario, los rendimientos obtenidos en las plantas inoculadas fueron un 8,36% más elevados respecto al control, mostrando un efecto beneficioso este tratamiento. No se observó el mismo comportamiento en la Quinta Viento Norte donde los rendimientos fueron similares.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con lo informado por Garbi et al., 2012 a, quienes señalaron que las plantas de tomate inoculadas con *A. brasilense* incrementaron el peso medio de los frutos cosechados, y el rendimiento no fue significativamente modificado. En este trabajo, las plantas inoculadas presentaron tendencia a aumentar su producción, en ambas quintas estudiadas, coincidiendo con lo informado por Garbi et al., (2012 a) y Vita et al., (2007).

Las observaciones coinciden con lo informado por Martínez et al., (2015) y Vacca, (2015), quienes no registraron diferencias en el rendimiento total de frutos en plantas de tomate injertadas inoculadas con diferentes PGPB, respecto a los controles sin inocular. Sin embargo, dichos autores, observaron una tendencia favorable a incrementos en los tratamientos inoculados con

Trichoderma, *Azospirillum*, *Pseudomonas* y la combinación de *Azospirillum* + *Trichoderma*, indicando un efecto mejorador en este parámetro.

El crecimiento vegetativo se vio incrementado con diferencias estadísticamente significativas en la Quinta Viento Norte, con años de trayectoria de realización de cultivo de tomate, indicando que en suelos con alta demanda nutricional el aporte de las bacterias PGPB constituirían una herramienta viable para la mejora del mismo. Los resultados obtenidos en la Quinta Mario, no mostraron diferencias significativas en el crecimiento vegetativo, señalando que el aporte de la inoculación con PGPB, no modifica de manera marcada los suelos sin historia de exigencia nutricional.

Conclusiones:

La inoculación con PGPB tuvo notorio efecto mejorador en diversos parámetros del crecimiento vegetativo de plantas de tomate cultivadas en invernaderos con historia en este cultivo, y suelos con alto desgaste nutricional y textural.

Los rendimientos no fueron significativamente incrementados con la inoculación, si bien fue observada una tendencia a la mejora del calibre de los frutos cosechados y en la producción.

Consideraciones finales:

La producción hortícola se caracteriza por poseer ciclos cortos e intensivos, con alta demanda nutricional y desgaste del sistema edáfico. Es por ello que resulta importante continuar con el estudio del efecto de diferentes PGPB para ajustar sus dosis, momentos de aplicación y beneficios a los fines de aumentar los ciclos productivos con el uso de productos ambientalmente amigables.

Bibliografía:

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. New York: J. Wiley. 467p.

Antoun, H. and Prevost, D. 2005. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui, Z.A. (ed) PGPR: biocontrol and biofertilization. Springer, The Netherlands, pp 1-38.

Argerich C. 1995. Situación actual y perspectivas del tomate en Latinoamérica. 743. In: F. Nuez (ed) El Cultivo del Tomate. Ed. Mundiprensa, España.

Argerich C. 2011. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena Tomate. ED.FAO Argentina. Cap 1. Pag.11-28.

Argerich, C. y Troilo, L. 2011. Diagnóstico socioeconómico del sector hortícola argentino. In: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena del tomate. FAO. Buenos Aires, Argentina. 262 pp.

Bangera, M.G. and Tomashow, L.S. 1996. Characterization of a genomic locus required for synthesis of the antibiotic 2,4- diacetylphloglucinol by the biological control agent of *Pseudomonas fluorescens* Q2-87. Mol. Plant Microbe Interact. 9: 83-90.

Barea, J. M. and Azcón-Aguilar, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in Agronomy 36:1-54 p.

Bashan, Y. y Holguin, G. 1998. Proposal for the division of Plant Growth Promoting Rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria) and PGPB. Soil Biol. Biochem. 30:1225-1228.

Bashan, Y. and Levanony, H. 1990. Current status of *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 36: 591-608.

Bohlool, B. 1990. Introduction to nitrogen fixation in agricultura and industry: contribution of BNF to sustainability of agricultura. In: Nitrogen Fixation Achievements and Objectives (eds) P.M.Gresshoff; L.E. Roth; G. Stacey and W.E. Newton. Chapman and Hall, New York. Pp: 613-616.

Carletti S., F. Vita, N. Mezquiriz, L. Telis, E. Rodríguez Cáceres. 2008. Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en el cultivo orgánico de tomate "cherry". Segundo año de experimentación. Horticultura Argentina 27 (64): 144.

Carletti S., M. Garbi, F. Vita, M. Corbetta, N. Mezquiriz, E. Rodríguez Cáceres. 2011 a. Efecto del momento de aplicación de un inoculante formulado con *Azospirillum brasilense* sobre un cultivo de lechuga bajo invernadero. Horticultura Argentina 30: 88.

Carletti S; F. Vita, M. Garbi, J. Ibarra, E. Rodríguez Cáceres. 2011 b. Comparación de dos formulaciones de *Azospirillum brasilense* para la inoculación de lechuga, tomate y pimiento. Horticultura Argentina 30: 88.

Carletti S., M. Garbi, F. Vita, E. Rodríguez Cáceres. 2012 a. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on seedling growth and yield of lettuce. Embrapa Hortaliças Eds. 6th International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops. Abstracts. Brasilia, Brasil. p. 27.

Chen, Y.; Rekha, A.; Arun, A.; Shen, F.; Lai, W. and Young, C. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. Applied Soil Ecology 34: 33–41.

Fernández Lozano, J. 2012. La producción de hortalizas en Argentina: Gerencia de calidad y tecnología. Secretaria de comercio interior. Mercado Central de Buenos Aires.

Frommel, M.I.; Nowak, J. and Lazarovits, G. 1991. Groth enhancement and development nonfluorescent *Pseudomonas* sp. Plant Physiol 96:928-936.

Garbi, M.; N. Mezquiriz, E. Rodríguez Cáceres, F. Vita, S. Carletti. 2012 a. Efecto de la biofertilización con *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires.

Garbi, M.; Vita, F.; Rodríguez Cáceres, E.; Carletti, S. 2013. Aplicación de biofertilizantes formulados con *Azospirillum* sp. en especies hortícolas. En: Microbiología Agrícola. Un aporte de la Investigación en Argentina. 2º edición. Ada S. Albanesi Ed. Magna Publicaciones. Tucumán, agosto 2013. 500 p. Pp: 383-400.

García Breijo, F.; Roselló Caselles, J. y Santamarina Siurana, M.P. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Segunda Edición. 250 p.

González-Chávez, M.; Carrillo-González, R.; Wrigth, S. and Nichols, K. 2004. The role of glomalin, a protein produced by arbuscular mycorrhizal fungi, in sequestering potentially toxic elements. Environ Poll. 130:317-323.

Guerrero, J.C. y Salcido Real, M.T. 2014. Beneficios de *Bacillus subtilis* en tomate. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/biorracional-organico/los-beneficios-de-b-subtilis-en-tomates/>. Ultimo acceso: 3/04/2020.

Jee H.J. 2004. Current status of bio-fertilizers and bio-pesticides development, farmer's acceptance and their utilization in Korea. Food & Fertilizer Thecnology Center <http://www.agnet.org/library/eb/601/>. Fecha de último acceso: 12 de noviembre de 2011.

Johansson, J.F.; Paul, L.R. and Finlay, R.D. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agricultura. FEMS Microbiol Ecol 48:1-13.

Kloepper, J.; Leong, J.; Teintze, M. and Schroth, M. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. Nature. 286: 885-886.

Kloepper, J.; Reddy, M.; Rodríguez-Kabana, R.; Kenney, D.; KokalisBurelle, N.; Martinez-Ochoa, N. and Vavrina, C. 2004a. Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. Acta Horticulturae. 631: 217-229.

Kloepper, J.; Ryu, C. and Zhang, S. 2004b. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. Phytopathology. 94: 1259- 1266.

Leinweber, F.; Lubda, D.; Cabrera, K. and Tallarek, U. 2002. Characterization of Silica-Based Monoliths with Bimodal Pore Size Distribution. Anal. Chem. 74(11):2470-2477.

Lutgenberg, B. y Kamilova, F. 2009. Plant- Growth – Promoting Rhyzobacteria. Annu. Rev. Microbiol. 63:541-556.

Mader, P.; Fliessbach, A.; Dubois, D.; Gunst, L.; Fried, P. and Niggi, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming science. Science 296(5573):1694-1697.

Martínez, S.; Garbi, M.; Carbone, A.; Morelli, G.; Cerisola, C.; Vacca, J. y D´amico, M. 2015. Suelo con nematodos: Evaluación de prácticas combinadas en cultivo de tomate pera injertado. Respuesta a la inoculación de biocontroladores. IV Jornadas de Enfermedades y Plagas de cultivos bajo cubierta. La Plata, 6 y 7 de mayo de 2015. Presentación a modo de Póster.

Mc Innes, A. and Haq, K. 2007. Contributions of rhizobia to soil nitrogen fertility. In: Abbot, L.K. and Murphy, D.V. (eds) Soil biological fertility – a key to sustained land use in agricultura. Springer, The Netherlands, pp: 99-123.

Ministerio de Agroindustria. 2016. Perfil de tomate. Disponible en: <https://www.agroindustria.gob.ar/new/00/programas/dma/hortalizas/informes/Perfil%20de%20tomate%208-2016.pdf>.

Nautiyal, C.S.; Bhaduria, S.; Kumar, P.; Lal, H.; Mondal, R. and Verma, D. 2000. FEMS. Microbiol. LCT. 182, 291.

Olivares Pascual, J.; García-Navarro, G.; García, A.; Mýndez, A. and Agulló-López, F. 2006. Optical determination of three-dimensional nanotrack profiles generated by single swift-heavy ion impacts in lithium niobate. Appl. Phys. Lett. 89,071923. Doi:10.1063/1.2236221.

O'Sullivan, D.J. and O'Gara, F. 1992. Traits of fluorescent *Pseudomonas spp.* involved in suppression of plant root pathogens. Microbiol. Rev. 56: 662-676.

Patten, C.L. and Glick, B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indolacetic acid in development of the host plant root system. Appl. Environ. Microbiol. 68:3795-3801.

Richardson, A. E. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. Aus. J. Plant Phys. 28: 897-906.

Sánchez, L.E. 2006. Avaliacao de impacto ambiental: conceitos e métodos. Ed. Oficina de Textos. 495 pp.

Timmusk, S.; Abd El-Daim, I.A.; Copolovici, L.; Tanilas, T.; Kännaste, A.; Behers, L. et al. 2014. Drought-Tolerance of Wheat Improved by Rhizosphere Bacteria from Harsh Environments: Enhanced Biomass Production and Reduced Emissions of Stress Volatiles. PLoS ONE 9(5):960-986.

Torres-Rubio, M.G.; Valencia, S.; Bernal, J. y Martínez, P. 2000. Isolation of enterobacteria, *Azotobacter sp.* and *Pseudomonas sp.* producers of indole-3-acetic acid and siderophores, from Colombian rice rhizosphere. Revista Latinoamericana de Microbiología 42: 171-176.

Uggla, C.; Moritz, T.; Sandberg, G. and Sundberg, B. 1996. Auxin as a positional signal in pattern formation in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 93 (17):9282-9286.

Urquiaga, S.; Jantalia, C.P. and Alves, B.J.R. 2004. Importancia de la FBN en el secuestro de carbono en el suelo y en la sustentabilidad agrícola. In: Monzón de Asconagui, M.A.; García de Salomone, I.E. and Miyazake, S.S. Biología del suelo, FAUBA, Buenos Aires, pp.1-6.

Vacca, J. 2015. Comportamiento de tres híbridos de tomate injertados y cultivados en suelos con nematodos. Tesis de Grado de la carrera de Ingeniería Agronómica, FCAYF. UNLP. Disponible: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69367/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vita F., E. Rodríguez Cáceres, N. Mezquiriz, S. Carletti. 2007. Evaluación de un inoculante de *Azospirillum brasilense* en tomate platense cultivado en invernáculo. Horticultura Argentina 26 (61): 118.

Von Lützow, M.; Kogel-Knabner, I.; Ludwig, B.; Matzner, E.; Flessa, H.; Ekschmitt, K.; Guggenberger, G. Marschner, B. and Kalbitz, K. 2002. Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model. J. Plant Nutr. Soil Sci.2002,171:111–124.

Weller, D.M. and Cook, R.J. 1983. Suppression of take-all of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads. Phytopathology 73:463-469.

Wood, R. and Pierson, F. 1996. In: Potential Microorganisms for sustainable agriculture: a techno-commercial. Ed. D.K. Mashewari y R.C. Dubey. Pp. 269.