

Trabajo Final de grado

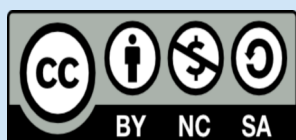
Gigena, Daniela Rebeca

Efecto de biofertilizantes a base de *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* y *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Instituto de Ingeniería y Agronomía

2025

*Carrera: Licenciatura en Ciencias
Agrarias*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Gigena, D. R. (2025). *Efecto de biofertilizantes a base de *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* y *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)* [Trabajo Final de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3704>



LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRARIAS

TRABAJO FINAL DE GRADO

**Efecto de biofertilizantes a base de *Azospirillum brasilense*, *Pseudomona fluorescens* y *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el cultivo de lechuga
(*Lactuca sativa* L.)**

Daniela Rebeca Gigena

N° legajo: 49899

DNI: 42312485

E-mail: rebegigena@gmail.com

Tutora: Ing. Agr. Ms. Sc. María Emilia dos Santos Domingues

Agradecimientos:

A mis profesores a lo largo de la carrera por transmitir su conocimiento, experiencias y pasión por lo que hacen.

A mi familia, novio, cuñados y compañeros que me han apoyado para realizar esta hermosa carrera y seguir siempre mis sueños.

A mis suegros por el espacio físico para realizar el trabajo, por el apoyo y la paciencia.

A mi tutora, María Emilia dos Santos Domingues por su acompañamiento incondicional, su tiempo e insistencia para seguir adelante en este trabajo.

A morito por participar en mis momentos de estudio y ser mi fiel compañero peludo.

A mi papá y a mi hermana por ser mi motor para seguir con esta carrera y por el apoyo incondicional en todo momento, gracias.

En especial a mi mamá que me hubiese encantado que esté presente, aunque lo está en todo momento en mi corazón.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1-INTRODUCCIÓN	5
1-1 El cultivo de lechuga	7
1-1-1 Taxonomía y morfología	7
1-1-2 Ecofisiología	11
1-1-3 Iniciación y manejo del cultivo	12
1-1-4 Adversidades	14
1-2 Biofertilizantes y rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR)	17
1-2-3 Rizobacterias promotores de crecimiento vegetal comerciales en Argentina	18
Antecedentes del uso de PGPRs	21
HIPÓTESIS.....	24
OBJETIVO ESPECÍFICO	25
2-MATERIALES Y MÉTODOS	25
2-1 Ubicación del ensayo	25
2-2 Instalación del ensayo	26
2-3 Diseño experimental	28
2-4 Aplicaciones	29
3-RESULTADOS	31
4-DISCUSIÓN.....	38
5- CONCLUSIÓN.....	40
6- PERSPECTIVAS FUTURAS	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42

RESUMEN

Con el objetivo de encontrar alternativas a los fertilizantes inorgánicos de síntesis química y disminuir la dependencia de los mismos en cultivos intensivos, este trabajo evaluó el efecto de dos fertilizantes microbianos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. Ruffian). El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en Florencio Varela, Argentina. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, aplicando tres tratamientos: un Testigo (T0) sin inoculación, y dos biofertilizantes comerciales: el Tratamiento 1 (T1) a base de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens* (Az. y Ps.), y el Tratamiento 2 (T2) a base de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Gd.). Las aplicaciones se realizaron por *drench* (al trasplante y a los 7 días después del trasplante - ddt) y foliares (a los 15 y 21 ddt). Las variables analizadas fueron el peso fresco, el número de hojas y el peso seco, con mediciones a los 7, 15 y 50 ddt (cosecha). En las evaluaciones iniciales (7 y 15 ddt), el tratamiento T1 exhibió los promedios más altos de peso fresco y peso seco en comparación con T0 y T2, sugiriendo un efecto de bioestimulación en la fase de establecimiento. No obstante, al momento de la cosecha (50 ddt), el Testigo (T0) arrojó consistentemente los valores promedio más altos en peso fresco (362,04 g) y peso seco (13,60 g). La ausencia de una respuesta significativa se sugiere que puede deberse a factores externos como la alta fertilidad nativa del suelo o las condiciones edáficas y microclimáticas específicas del invernadero, que pudieron haber limitado la acción de los microorganismos aplicados.

1-INTRODUCCIÓN

La producción hortícola Argentina que abastece a los principales centros urbanos se localiza en determinadas regiones, algunas especializadas y otras llamadas cinturones verdes que rodean a las grandes ciudades. Las provincias de Buenos Aires, Mendoza y Córdoba concentran la mitad del total del volumen hortícola fresco producido en el país, seguidas en orden de importancia por Corrientes, Salta y Santiago del Estero. Dentro de los cinturones hortícolas, el del partido de La Plata, cinturón hortícola platense (CHP), es el que mayor representación tiene a nivel país, implicando un 85% de la superficie implantada bajo cubierta. El mismo forma parte del Cinturón Hortícola del Gran Buenos Aires (CHGBA), el cual comprende, además, los partidos de Florencio Varela, Berazategui, Almirante Brown, Esteban Echeverría, La Matanza, Merlo, Moreno, Cañuelas, General Rodríguez, Luján, Marcos Paz, Pilar y Escobar. El CHGBA concentra alrededor de 15.000 ha destinadas a la producción de hortalizas (Lozano, 2018) registrándose durante el año 2021 el ingreso de 879.812 Tn al Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) (Pineda, 2022; Buozo & Strassera, 2025).

El CHP, que abarca unas 7.000 ha, se caracteriza por la gran diversificación de cultivos y variedades, cuyo destino principal es la comercialización en fresco hacia el mercado interno. Los principales productos que se obtienen en la zona son: lechuga (*Lactuca sativa* L.), alcaucil (*Cynara scolymus* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.), apio (*Apium graveolens* L.) y otras verduras de hoja (CHFBA, 2005).

El mismo concentra una de las mayores áreas de superficie cubierta por invernaderos, la que se estimó en 2016 mediante el uso de imágenes satelitales y la tecnología proporcionada por los Sistemas de Información Geográfica, en 5.462 ha, considerando también los partidos de Florencia Varela (401,9 ha) y Berazategui (418,21 ha) (Miranda, 2018; Baldini, 2020).

En Argentina, el cultivo de lechuga se encuentra en el tercer puesto dentro de las hortalizas más consumidas, luego de la papa y el tomate, representando el 55% de la producción de hortalizas de hoja. En este contexto y como anteriormente se mencionan, los cinturones hortícolas de Corrientes, Santiago del Estero, Santa Fe / Rosario, Entre Ríos, Mendoza y Buenos Aires, fundamentalmente La Plata y Mar del Plata, son grandes productores de lechuga, al tratarse, en su mayoría, de productores familiares establecidos en estas franjas que rodean a las ciudades (Huarte & Viglianchino, 2025), siendo el mercado con más relevancia el de Buenos Aires, donde llega la lechuga en mayor porcentaje de los cinturones verdes de Florencio Varela y Mar del Plata (75,65%) y de Santa Fe (20%) (López Bilbao & Frezza, 2022).

Para los cultivos intensivos, como la lechuga, se han implementado paquetes tecnológicos basados en el uso intensivo de las tierras y aplicación de diferentes técnicas de producción, donde se obtienen mayores rendimientos por unidad de superficie con una creciente dependencia de insumos de formulación sintética (fertilizantes y agroquímicos) (Sotelo *et al.*, 2020), con el objetivo de suplir las necesidades alimenticias crecientes basándose en el enfoque de la Revolución Verde (Caporal, 2009). Sin embargo, se reconoce que este modelo

ha generado sistemas sostenidos por una elevada dependencia de insumos externos, trayendo consigo impactos negativos fundamentalmente en aspectos sociales y ambientales (Guzmán Casado *et al.*, 2000; Sarandón & Flores, 2014a).

A raíz de esta problemática, el uso y empleo de biofertilizantes microbianos (rizobacterias y hongos formadores de micorrizas) es una herramienta tecnológica clave para promover y asegurar la sustentabilidad productiva agrícola de bajo impacto ambiental, mejorando la fertilidad del suelo con el reemplazo de insumos sintéticos disminuyendo las consecuencias que estos mismos traen al medio ambiente (Mohammadi & Sohrabi, 2012; Aguado-Santacruz *et al.*, 2012; Jiménez-Tobón *et al.*, 2022).

1-1 El cultivo de lechuga

1-1-1 Taxonomía y morfología

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Figura 1) tiene un origen polifílico (Kesseli *et al.*, 1991), debido a diversos antepasados y no de un solo organismo fundamental. Aunque muchos autores no definen en concreto un lugar de origen, el área donde comenzó su cultivo fue en las costas del Mediterráneo (Vigliola, 1986; Di Benedetto, 2005).

Es cultivada en todos los continentes y regiones, principalmente en los templados y subtropicales (Huarte & Viglianchino, 2025). Dos tercios de la superficie total de la producción de lechuga se encuentra en Asia, donde China representa el 55%. Estados Unidos produce un 16% del total de la producción

mundial, mientras que España e Italia son principales productores europeos, contribuyendo con un 3,5 % y el 1,4% respectivamente de la producción mundial (López Bilbao & Frezza, 2022).

Pertenece a la familia de las Asteráceas, al género *Lactuca* y a la especie *sativa* (Vavilov & Dorofeev, 1992; Saavedra *et al.*, 2017), caracterizada por la presencia de látex y por su sistema radicular pivotante de origen seminal, el cual puede llegar a profundizar hasta los 30 cm. La mayor concentración de raíces laterales se encuentra cercana a la superficie, por lo tanto, la absorción de nutrientes y agua ocurre, con mayor frecuencia, en los niveles superiores del suelo (Jackson, 1995; Saavedra *et al.*, 2017; López Bilbao & Frezza, 2022; Huarte & Viglianchino, 2025).

Consta de un tallo corto, de forma cilíndrica en su fase vegetativa en el cual las hojas sésiles están distribuidas en forma de espiral. Sin embargo, tiende a alargar sus entrenudos cuando la planta es estimulada a la floración, provocando su ramificación. Sus hojas pueden ser lanceoladas, oblongas o redondas, con los bordes de los limbos lisos, lobulados, aserrados o dentados dependiendo de la variedad. Bajo el mismo criterio, su color puede ser amarillento claro u oscuro, rojizo, casi morado o púrpura (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2016; López Bilbao & Frezza, 2022; Huarte & Viglianchino, 2025).

La floración inicia con la elongación del tallo, momento donde finaliza la etapa comercial. Se trata de una planta autógama y anual (con un 1-3% de fecundación cruzada y floreciendo el primer año del cultivo). El fruto es un

aquenio típico uniseminado, seco e indehisciente (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2016; López Bilbao & Frezza, 2022).



Figura 1. Planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga presenta una gran diversidad, dado principalmente por los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas, lo que ha llevado a diversos autores a distinguirla en 4 variedades botánicas en la especie (Saavedra *et al.*, 2017; Mondino *et al.*, 2022):

- Variedades que forman una cabeza poco compacta (*L. sativa* var. *longifolia* Lam.): desarrolla hojas grandes, erguidas, oblongas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo, con nervadura prominente, superficie ligeramente ondulada y

borde irregularmente denticulado. No forma verdaderos cogollos (Figura 2.a).

- Variedades que forman una cabeza apretada (*L. sativa* L. var. *capitata* (L.) Janchen): forman un cogollo apretado. La forma de sus hojas suele ser anchas y redondeadas, y dentro de estas variedades se pueden distinguir dos clases:
 - De hoja consistente (capuchinas, iceberg o batavias): forman cabezas bien firmes, muy resistentes al transporte (Figura 2.b).
 - De hoja mantecosa (manteca, aceitosa o crasa): cabezas no tan firmes, de baja resistencia al transporte (Figura 2.c).
- Variedades que no forman cabeza (*L. sativa* var. *intybacea* o *crispa* Hort.): tienen hojas anchas y con márgenes muy recortados, sueltas y dispersas, conocidas como “crespas”, no forman cabeza (Figura 2.d).
- Variedad productora de tallos (*L. sativa* L. var. *asparagina* All.): son lechugas espárragos o de tallo, cultivadas en China. Se utiliza su tallo carnoso y posee hojas angostas, lanceoladas y largas.



Figura 2. Variedades de lechuga. Fotografías *a*, *b* y *c* de Cristina Modino, *d*: fuente personal.

En Argentina, principalmente, se comercializan las tres primeras variedades descritas (Huarte & Viglianchino, 2025).

1-1-2 Ecofisiología

El desarrollo óptimo del cultivo requiere temperaturas diurnas entre 14 y 18°C y nocturnas entre 5 a 8°C, las cuales pueden variar dependiendo de la variedad que se trate y la época del año (Di Benedetto, 2005). Una temperatura menor a 6°C detiene el crecimiento de la planta y a los -6°C se hiela. Es una planta sensible a la alta radiación, donde exposiciones a temperatura y luz mayores en la etapa de formación de cabeza o “acogollado” causan una alta incidencia de floración prematura y producen un deterioro de la misma por crear

cabezas más laxas (Saavedra *et al.*, 2017; Carassay, 2022; Di Benedetto, 2023; Huarte & Viglianchino, 2025).

Puede desarrollarse en distintos tipos de suelo, aunque son favorables los terrenos francos, sin excesos de humedad y con abundante contenido de materia orgánica. Dependiendo del cultivar, resiste niveles moderados de salinidad, pero puede verse afectado por el incremento de sales solubles por fertilizaciones intensas. El pH óptimo de desarrollo se ubica entre 6,8 y 7,4 (Di Benedetto, 2005).

1-1-3 Iniciación y manejo del cultivo

El cultivo puede producirse bajo dos modalidades: 1) utilizando el suelo como recurso (al aire libre) o en invernadero y 2) en hidroponía (sin suelo) (Saavedra *et al.*, 2017; del Pino, 2022; Huarte & Viglianchino, 2025). En Argentina el más utilizado por los productores es el cultivo en suelo al aire libre, implementando, en su mayoría, el riego por aspersión y, en menor medida, riego localizado por goteo; y bajo invernadero o sistemas forzados de protección, con riego localizado por goteo (Huarte & Viglianchino, 2025).

Se inicia a partir de la semilla, que puede ser sembrada directamente a la tierra, práctica no recomendable porque se deben ralea muchas plantas, o en bandejas alveoladas de 325 celdas o 288 celdas, método empleado en la producción bajo invernadero y, actualmente, al aire libre por el bajo costo que tiene el plantín en comparación a la pérdida de plantas si se siembra directamente a la tierra (Di Benedetto, 2005; del Pino, 2022; Huarte & Viglianchino, 2025). Si bien todas las variedades comerciales pueden ser

producidas al aire libre dentro del CHP, el cultivo se realiza en invernadero a nivel, sobre surcos o lomos, iniciando siempre desde plantín con cepellón o pan de tierra (del Pino, 2022; Mondino *et al.*, 2022). El marco de plantación dependerá del tipo de lechuga y del sistema de riego utilizado, aunque el que se recomienda es de 20 a 35 cm entre plantas y 35 a 40 cm entre líneas, con trasplante manual o mecanizado (Mondino *et al.*, 2022; Huarte & Viglianchino, 2025).

Es importante una buena preparación del suelo para que éste quede aireado y liviano, por lo que se debe trabajar el terreno en profundidad para garantizar el drenaje del agua y el lavado de las sales del agua de riego y de la fertilización, acompañado de una buena nivelación del suelo para evitar enfermedades causadas por encharcamiento, previo la eliminación del cultivo anterior o la reincorporación al suelo junto a una enmienda y/o fertilización (Mondino *et al.*, 2022).

Dentro de las labores culturales se pueden destacar: el armado de la cama de siembra o de los lomos donde serán implantados los plantines, la colocación de las mangueras de riego (si estas serán utilizadas) o el sistema de riego por aspersión, colocación del mulching (en caso de que el productor use esta tecnología de producción), el desmalezado, carpida y escardillada manual una vez implantado el cultivo para evitar la competencia con las plantas, la fertilización, la colocación de mantas agrotexiles, para evitar que se congelen las plantas cuando se avecinan heladas, y la colocación de medias sombras en zonas donde se requiera el sombreado del cultivo para reducir la radiación solar,

la temperatura a nivel de las hojas, la evapotranspiración y aumentar la humedad relativa del ambiente (Huarte & Viglianchino, 2025).

1-1-4 Adversidades

La producción intensiva y la perecibilidad de la lechuga hace que sea susceptible a plagas y enfermedades, reduciendo la producción y afectando el valor comercial del cultivo (Strassera *et al.*, 2022).

Plagas

Las plagas más importantes para el cultivo de lechuga, en base a estudios de Saini & Alvarado (2001), Mitidieri & Polack (2005), Ferrato *et al.*, (2010), Cáceres *et al.*, (2011), García Gutiérrez *et al.*, (2012), Secretaría de Agricultura (2012), Adlercreutz *et al.*, (2013), Salas *et al.*, (2015), Strassera *et al.*, (2022), son:

- *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) “Trips californiano de las flores”,
- *Nasonovia ribisnigri* (Mosley) (Hemiptera: Aphididae) “Pulgón de la lechuga”,
- *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) “Pulgón verde del duraznero”,
- *Hyperomyzus lactucae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) “Pulgón de la lechuga”,
- *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hem.: Aleyrodidae) “Mosca blanca”.

Enfermedades

Existen enfermedades parasitarias causadas por hongos, bacterias y virus, de las cuales podemos destacar como importantes en nuestra región, según los trabajos de Fernandez Valiela (1952), Ferrato *et al.*, (2010) Sczesny (2013) y Strassera *et al.*, (2022) las siguientes:

Hongos

- *Bremia lactucae*, Mildiu o Mildiu vellosa,
- *Sclerotinia sclerotiorum*, moho blanco (Figura 3).
- *Septoria lactucae*, Mancha foliar.



Figura 3. Ataque de *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga tipo mantecosa; a) ataque severo del hongo; b) ataque en momento de cosecha; c) ataque en forma de manchón en momento de cosecha. Fuente personal.

Bacterias

- *Pseudomonas cichorii*, Tizón bacteriano.
- *Rhizoctonia solani*, Podredumbre de la base.
- *Pythium* spp., Enanismo.
- *Septoria lactucae*, Mancha foliar.

Virus

- Virus del mosaico de la lechuga (*Lettuce Mosaic Virus*) (LMV).
- Virus del mosaico del pepino (*Cucumber Mosaic Virus*) (CMV).
- Virus de la peste negra del tomate (*Tomato Spotted Wilt Virus*) (TSWV).
- Virus de las venas grandes de la lechuga (*Lettuce big-vein virus*) (LBVV).

Fisiopatías

Los problemas fisiogénicos no son causados por agentes patógenos, sino por alteraciones fisiológicas por desequilibrios climáticos y suelen ser irreversibles, los cuales se pueden mencionar, según los trabajos de Thricóipé (1997), Morgan (2003), Blancard (1992), Ferrato *et al.*, (2010), Balcaza (2012):

- *Tip burn*: llamado quemado de la hoja, es un problema frecuente en el cultivo de lechuga. Existen 3 tipos de quemado:
 - *Dry tip burn*, necrosis seca.
 - *Normal tip burn*, necrosis húmeda.
 - *Latex tip burn*, necrosis del latex.
- *Bolting*, floración prematura, subida de la flor o espigado.
- Manchas translúcidas, manchas aceitosas.

1-2 Biofertilizantes y rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR)

La definición de biofertilizante fue cambiando a lo largo de los años como: fertilizantes bacterianos, fitoestimulantes, biopesticidas o bioinoculantes y actualmente el término más utilizado es biofertilizante (Lira-Saldivar *et al.*, 2013b). Burdman *et al.*, (2000) y Vessey (2003) consideraron al término como “un producto que contiene microorganismos vivos que, al aplicarlos a las semillas, a la superficie de plantas o en el suelo, colonizan la rizósfera y el interior de la planta y generan efectos benéficos en el crecimiento, la sanidad y el rendimiento de los cultivos”. En síntesis y según Mazid & Khan (2015) un biofertilizante es un producto que contiene diversas cepas seleccionadas de microorganismos benéficos del suelo o de la planta que mejoran la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. La biofertilización no es una técnica nueva, aunque aún cuenta con normativas y difusión escasa, la misma minimiza los impactos del método convencional de producción y asegura la permanencia de la agricultura (Lira Saldivar *et al.*, 2013a; Hernández-Pérez *et al.*, 2017).

Kloepper *et al.*, (1978) definieron el término PGPR (*plant growth-promoting rhizobacteria* o rizobacteria promotora de crecimiento vegetal) a un tipo de bacteria que habita en el entorno de las raíces y que ejercen efectos positivos en las plantas, capaces de promover su crecimiento y desarrollo, ya sea por medio de mecanismos directos o indirectos (Rosas & Correa, 2002; Hernández Montiel & Escalona Aguilar, 2003; Glick, 2012). La mayoría de las bacterias PGPR pertenecen a los géneros *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Arthobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*,

Rhizobium, *Frankia*, *Serratia*, *Thiobacillus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, entre otros (Glick, 1995; Vessey, 2003; Lugtenberg & Kamilova, 2009). Los PGPR presentan diversos mecanismos de promoción vegetal de las plantas a través de producción y metabolismo de fitohormonas del grupo de las citocininas, auxinas, giberelinas, etilenos y otros reguladores; actuando, también, como la acción directa la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fosfatos inorgánicos o la producción de sideróforos; e indirectos actuando como agentes de control biológico por inhibición, como el caso de la producción de cianidas, o la competencia con patógenos de suelo, posibilitando un mejor crecimiento y salud de las plantas (Glick, 1995; Kloepper, 1996; Lazarovits & Nowak, 1997; Ongena *et al.*, 2005; Cassán *et al.*, 2013). Dada las características de los PGPR pueden estar incluidas dentro de la definición de los biofertilizantes (Barajas, 2017).

1-2-3 Rizobacterias promotores de crecimiento vegetal comerciales en Argentina

El empleo de rizobacterias tiene como objetivo incrementar la producción agrícola reduciendo los insumos de origen sintético (fertilizantes), restableciendo la disponibilidad de fertilizantes insolubles en el suelo y amparar al medio ambiente (Muleta *et al.*, 2009). Sin embargo, existe la posibilidad de utilizar conjuntamente fertilizantes de síntesis química y biofertilizantes, ya que, aplicados correctamente, podrían mejorar la calidad microbiológica del suelo, porque se pueden aprovechar mejor en menores dosis (Bonilla Buitrago *et al.*, 2021).

Azospirillum sp. es un género de bacterias PGPR más estudiado en gramíneas, obteniéndose los primeros registros de experiencias hace más de cuarenta años (Döbereiner *et al.*, 1977). Pertenecen al grupo de los endófitos, los cuales pueden colonizar la superficie y el interior de las raíces, mejorando la explotación de los compuestos carbonados producidos por las plantas. Este microorganismo, del cual se han identificado 12 especies y de las cuales se comercializan preferentemente *A. brasilense* y *A. lipoferum* en Argentina, se ha encontrado colonizando más de cien especies vegetales, mostrando mejoras significativas a nivel rendimientos, como fue observado en distintas condiciones edáficas y climáticas en gramíneas y leguminosas forrajeras (Okon, 1994; Monzón de Asconegui, 2003; Puente & Peticari, 2006; Okon, 2008; Cassán *et al.*, 2013). *Azospirillum brasilense* es un bacilo Gram negativo presentando una morfología ligeramente curvada de 1 µm de ancho y 2-3 µm de largo y su movilidad es espiralada mediada por un flagelo polar por el cual se moviliza hacia las raíces y se adhieren a su superficie (Moens *et al.*, 1995; Schoebitz, 2006). Esta especie fija el nitrógeno atmosférico y afecta positivamente la biomasa y área superficial de las raíces (Döbereiner *et al.*, 1976; Puente & Peticari, 2006).

Pseudomonas spp., es un género bacteriano amplio, en el cual se encuentran especies consideradas PGPR descrita por Mingula en 1985; utilizadas con fines agronómicos *P. fluorescens* y *P. chlororaphis* en nuestro país (Ferraris, 2012). Su aspecto es fluorescente frente a la luz ultravioleta, poseen un flagelo polar y son consideradas Gram negativas (Collados, 2006). Se caracterizan por ser bacilos rectos o curvados, pero no vibrioides; de un tamaño

de entre 0,5-1,0 μm por 1,5-4,0 μm ; sin esporas; normalmente aislados; no envainadas apendiculadas o con yemas; metabolismo respiratorio, nunca fermentativo, aunque pueden producir ligeras cantidades de ácido a partir de la glucosa en aerobiosis; utilizan compuestos orgánicos de bajo peso molecular, pero no polímeros; algunos son quimiolitotrofos (Medigan *et al.*, 2003). Hass & Défago (2005) definieron su capacidad de ser agentes de biocontrol, que se produce a través de la secreción de los antibióticos diacetilfloroglucinol y fenazinas (Cook, 2007), la inducción de resistencia sistémica de la planta y el agotamiento de elementos esenciales para el crecimiento de hongos y bacterias patogénicas, producto de la liberación al medio donde se encuentran de pigmentos fluorescentes que actúan como agentes quelantes en el momento que estos elementos se tornan escasos en la rizósfera.

Por último, se les atribuye la capacidad de producir enzimas fosfatadas, ácidos orgánicos e inorgánicos (ácido glucónico y cítrico en el primer caso; ácido sulfhídrico, nítrico y carbónico en el segundo) que por medio de la rotura de enlaces y la acidificación del medio donde se encuentran, incrementan la recuperación del fósforo insoluble y la adquisición del aportado por fertilización (Vosatka & Gryndler, 1999; Sotelo *et al.*, 2020).

El género *Rhizobium* también se incluye dentro de las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (Sessitsch *et al.*, 2002). Estas bacterias tienen la característica, directa o indirecta, de promover el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas. Por estimulación directa puede incluir la fijación de nitrógeno (Sessitsch *et al.*, 2002), la producción de hormonas (Perrine *et al.*,

2004), de enzimas (Mayak *et al.*, 2004), de sideróforos (Carson *et al.*, 2000) y de solubilización de fosfatos (Rodriguez & Fraga, 1999).

Trichoderma es el género enemigo natural de muchos patógenos pertenecientes a los géneros *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Botrytis*, entre otros. Además, ayuda a reducir los nemátodos, controlando la pudrición de la raíz, marchitamiento y su ahogamiento (Sotelo *et al.*, 2020). Su mecanismo de acción consiste en la formación de una capa protectora de la raíz, haciendo simbiosis; alimentando al hongo de exudados de las mismas (Schuster & Schmoll, 2010).

Una gran diversidad de especies de *Bacillus* han demostrado, como en los géneros *Pseudomonas* y *Tricoderma*, tener acción de biocontrolador de diversos microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas (Wang *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015)

El género *Gluconacetobacter* presenta la ventaja de asociarse a especies vegetales con altos contenidos de azúcares, lo que genera beneficios notables en la ganancia de nitrógeno (Lambrechtet, 2000; Riggs, 2001). Esto es consecuencia de la capacidad fijadora del microorganismo, así como de su aptitud para estimular el crecimiento vegetal e inducir mecanismos de respuesta ante estreses bióticos y abióticos (El-Shouny *et al.*, 2020).

Antecedentes del uso de PGPRs

La aplicación de bacterias promotoras de crecimiento ha sido estudiada de manera amplia en distintas partes del mundo, obteniéndose resultados

favorables. En especies hortícolas existen experiencias que indican que la inoculación de semillas con *Pseudomonas* P190 tuvieron un efecto positivo en la productividad del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) bajo invernadero reflejado en un mayor peso de frutos y del sistema radical, lo que confiere un mayor volumen de biomasa (Reybet *et al.*, 2012). Al mismo tiempo, la inoculación de *Azospirillum brasilense* produce efectos favorables sobre el crecimiento de la plántula y la actividad, rendimiento y productividad del cultivo. En brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), favoreció el incremento de peso fresco, seco y el rendimiento del cultivo con aplicaciones de *Azospirillum* sp. en el momento de siembra (Oberti Arnaudo *et al.*, 2008). En pimiento pimentonero (*Capsicum annum* L. var. trompa de elefante), las plantas inoculadas con *Azospirillum brasiliense*, luego de 7 días post siembra, presentaron mayor altura y peso seco al momento de trasplante (Di Barbaro *et al.*, 2005). También, en la variedad California Wonder, se demostró un incremento en el área de absorción radicar, peso fresco de la raíz y total, al aplicar 3 cepas (Cd, Az39 y PI3) o 5 cepas (Cd, Az39, PI3, UNLu7 y PI64) de *A. brasiliense* al aplicar 1×10^8 UFC.planta⁻¹ a la siembra (Carletti *et al.*, 2011a). En el cultivo de tomate, las plantas tratadas 15 días después del trasplante con *A. brasiliense* (cepa Az39) alcanzaron una altura, área foliar y volumen de la raíz significativamente mayor que el testigo sin tratar (Díaz & Iglesias, 2002). La inoculación de un producto comercial (cepa Az39) y la aplicación con la formulación compuesta por las cepas Cd, Az39 y PI3 en tomate platense, produjo un aumento significativo en el peso medio de los frutos, respecto al testigo sin tratar (Garbi *et al.*, 2012a). En zapallo anquito (*Cucurbita moschata* L.) la

aplicación de *A. brasiliense* cepa Az39 incrementó el peso seco de la parte aérea y total respecto al testigo sin inocular (Cracogna *et al.*, 2001). También, en zapallo de tronco (*Cucurbita máxima*) el uso de una formulación comercial (cepa Az39), conteniendo las cepas Az39, PI64 y PI3, incrementaron el rendimiento significativamente respecto al testigo sin tratar (Garbi *et al.*, 2012b; Carletti *et al.*, 2012). En lechuga (*Lactuca sativa*) la inoculación de 13 cepas, aplicadas individualmente, evidenciaron efectos benéficos visibles sobre el sistema radical, obteniéndose raíces de mayor longitud con la cepa Sp7 y aumentos de absorción radical al usar la cepa PI50 (Hernández, 2011). A su vez, la inoculación a la siembra de lechuga, con las cepas Az39, PI64 y PI3, aplicadas simultáneamente, incrementaron de manera significativa la longitud de la hoja y el peso fresco de la planta al momento de trasplante, mientras que, a cosecha, las plantas inoculadas en la siembra y al momento de trasplante, presentaron una mayor precocidad y cantidad de hojas mayor en relación al testigo sin tratar (Carletti *et al.*, 2011b). En plantines de lechuga, la inoculación a la siembra con una formulación de las cepas Az39, PI64 y PI3 de *A. brasiliense* incrementaron el área de absorción radical y el peso seco (Garbi *et al.*, 2016).

Ensayos de inoculación realizados en las localidades de Pergamino y Chivilcoy, provincia de Buenos Aires, Argentina, en los años 2000, 2001 y 2002, mostraron un incremento en el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) con inoculación de *Pseudomonas*. En la producción de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se obtuvo un incremento significativo de plántulas en la altura, diámetro de tallo, área foliar y peso seco aéreo como de la raíz

comparado con el testigo sin inocular de la cepa Avm de *Pseudomonas fluorescens* (Castillo-Aguilar *et al.*, 2018).

La inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* establece una interacción positiva con hortalizas de raíz como la zanahoria (*Daucus carota* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.) (Ríos Rocafull *et al.*, 2016).

Considerando la sinergia entre distintas rizobacterias promotoras de crecimiento (*A. brasilense* y *G. diazotrophicus* por su potencial fijación de nitrógeno; *P. fluorescens* por biocontrol y solubilización de fosfatos), el presente trabajo se propone evaluar el efecto de la aplicación de dos biofertilizantes formulados a base de estas cepas en el cultivo de lechuga, con el fin de proporcionar herramientas de baja dependencia de insumos químicos para los productores del CHGBA.

HIPÓTESIS

Los biofertilizantes, independientemente de su composición biológica, producen precocidad en el ciclo, mejor rendimiento y crecimiento en plantas de lechuga mantecosa bajo invernadero.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la aplicación de biofertilizantes en el cultivo de lechuga para proporcionar herramientas más sustentables para el productor y el medio ambiente.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Analizar la evolución del peso fresco, número de hojas y peso seco de lechuga mantecosa cultivada en invernadero con la aplicación de dos biofertilizantes.

2-MATERIALES Y MÉTODOS

2-1 Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en establecimiento “Quinta El Recuerdo SA” (34° 51' 57.9" S, 58° 16' 50.6" W) cuyo manejo de la producción es convencional (Figura 4), en donde se llevó a cabo el cultivo de lechuga (*L. sativa*) en un invernadero tipo capilla de 700 m² con orientación E-O, cuyo cultivo antecesor fue de rúcula (*Eruca vesicaria* Mill.) y en donde no hubo ninguna labor cultural en el suelo.



Figura 4. Imagen satelital delimitado con un recuadro rojo en el cual se llevó a cabo el ensayo.

2-2 Instalación del ensayo

El material vegetal utilizado fue lechuga (*L. sativa*) cv. cabeza de hojas mantecosas de var. Ruffian, con un marco de plantación a tresbolillo; densidad de plantación $12,8 \text{ plantas.m}^{-1}$ y riego por goteo con dos mangueras por cantero. Se realizó sobre 3 canteros de 40 m de largo, con un diseño en bloques completamente aleatorizado.

Se reacondicionaron los lomos a mano, ya que, se estuvo produciendo anteriormente rúcula, para la cual se había hecho una labranza profunda (rotovator y enlomador); y el 25 de marzo, con ayuda de un marcador a 25 cm, se trasplantaron las plantas de lechuga (Figura 6).



Figura 6. Trasplante de las plantas de lechuga luego de la marcación.

Se utilizaron dos biofertilizantes comerciales de la empresa “*Agro Advance Technology* ©” disponibles en el mercado, compuestos por bacterias promotoras de crecimiento (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los biofertilizantes.

	Biofertilizante 1	Biofertilizante 2
Nombre comercial	Phoebus flo	Phoebus nitrox
Tipo de Bacteria	<i>Azospirillum brasilense</i> (Az.) y <i>Pseudomona fluorescens</i> (Ps.)	<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> (Gd.)
Concentración	(Az.) 1×10^9 UFC.ml ⁻¹ (Ps.) 5×10^8 UFC.ml ⁻¹	(Gd.) 3×10^8 UFC.ml ⁻¹ - - 1×10^6 UFC.ml ⁻¹

2-3 Diseño experimental

El diseño experimental se realizó en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones, de 36 plantas cada uno.

Tratamientos y ensayo

1. Testigo (T0): sin aplicación de ningún biofertilizante.
2. Tratamiento 1 (T1): 2 aplicaciones al cuello de la planta (*drench*) y 2 aplicaciones foliares del biofertilizante 1.
3. Tratamiento 2 (T2): 2 aplicaciones al cuello de la planta (*drench*) y 2 foliares del biofertilizante 2 (Figura 5).

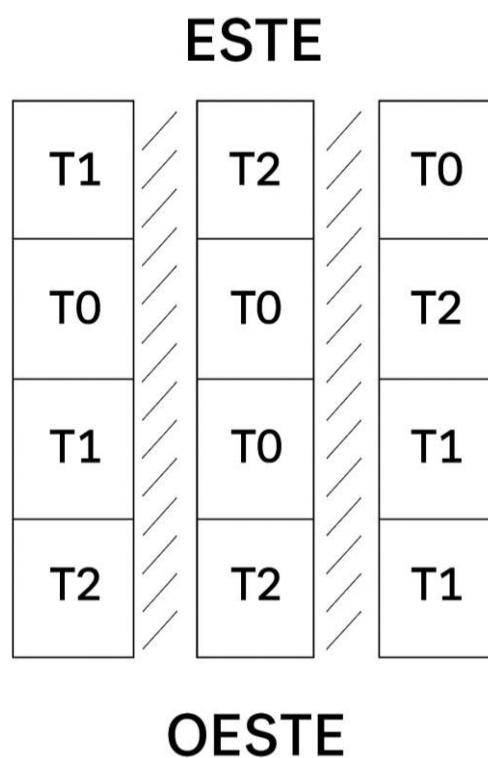


Figura 5. Distribución de los bloques del ensayo sobre los lomos, con sus tratamientos y repeticiones.

2-4 Aplicaciones

Se realizaron las aplicaciones según recomendaciones del fabricante y dosificación recomendada: dos aplicaciones al *drench* de cada planta; una al momento del trasplante y la otra a los 7 días después del trasplante (ddt); y dos foliares a los 15 ddt y a los 21 ddt. Todas a una dosis de 50 mL cada 20 L (Figura 7).



Figura 7. Aplicación de los productos con probeta graduada.

2-5 Toma de muestras

Se recolectaron las muestras de manera destructiva, tomando las mismas a los 7, 14 y a los 50 ddt (Figura 8), este último fue el momento donde se determinó la cosecha de las lechugas. Se registró peso fresco de la parte aérea (g), cantidad de hojas, considerando las hojas mayores a 0,5 cm de longitud, y peso seco de la parte aérea (g) pesado con una balanza de precisión, dato obtenido luego de colocar las lechugas en una estufa de secado durante 72 horas a 60°C hasta obtener peso constante.



Figura 8. a) y b) Recolección manual de las muestras. c) Planta de lechuga correspondiente de la muestra con las raíces lavadas y secas.

2-6 Análisis estadístico

Se analizaron los datos mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis que se aplican para datos discontinuos; para los datos de peso fresco y peso seco se aplicó la prueba de Tukey al 5%, utilizando el programa InfoStat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

3-RESULTADOS

➤ 3-1 Peso fresco

La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos en ninguno de los momentos evaluados. A pesar de esta equivalencia estadística, al observar las medias aritméticas se registraron tendencias numéricas variables.

Del mismo modo, encontramos que el peso fresco no presentó resultados estadísticamente significativos ($p>0,05$) entre los tratamientos en las tres fechas de muestra con la prueba de Tukey (Gráfico 1.2, 1.3 y 1.4).

En la primera toma de muestras, se observó una tendencia en la que el T1 y T2 presentaron valores nominales superiores al Testigo (T0). Específicamente, el promedio del T1 se ubicó un 17,6% por encima del T0, y el T2 un 11,46% por encima. Esta tendencia numérica se mantuvo a los 15 ddt, donde el T1 mostró un valor 6,72% superior y el T2 un 4,77% superior respecto al control.

Hacia la cosecha (50 ddt), la tendencia numérica se invirtió, registrándose promedios levemente inferiores en los tratamientos biológicos respecto al testigo (T1: -9,46% y T2: -1,92%) (Gráfico 1).

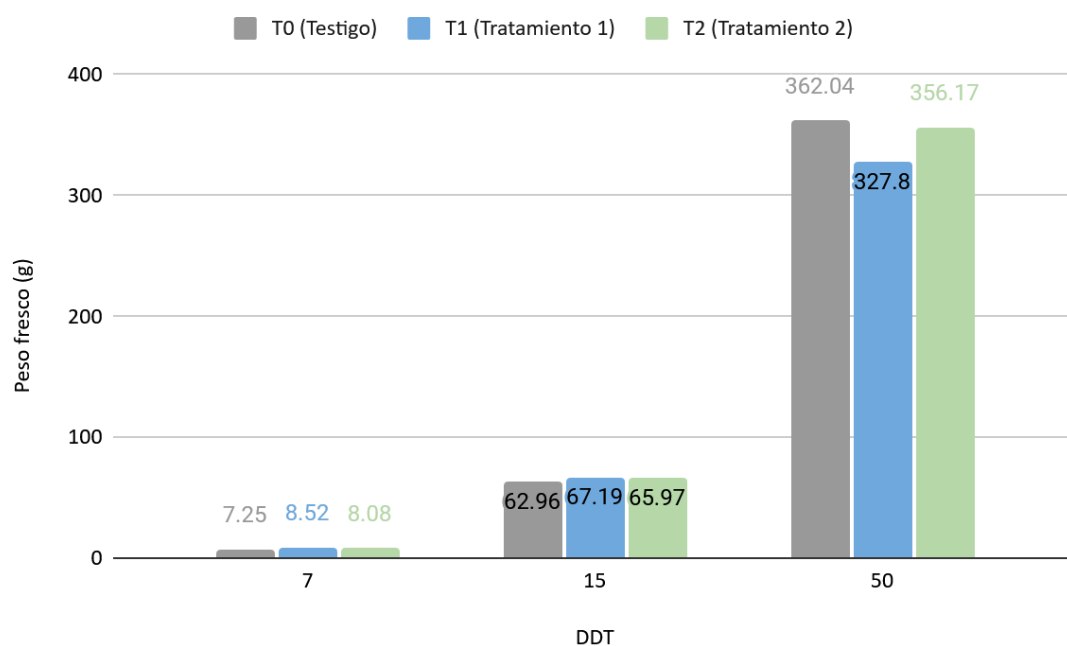


Gráfico 1. Comparación entre los promedios del peso fresco de los tratamientos

en los tres tiempos de muestreo, no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

Peso fresco DDT 7

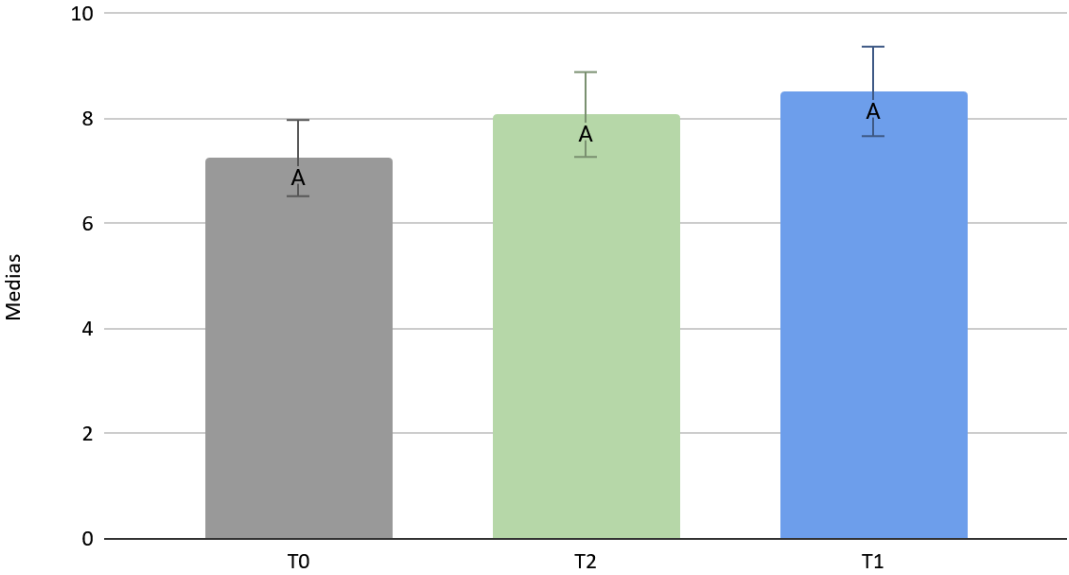


Gráfico 1.2 Comparación entre el promedio de los pesos frescos de los tratamientos DDT 7. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Peso fresco DDT 15

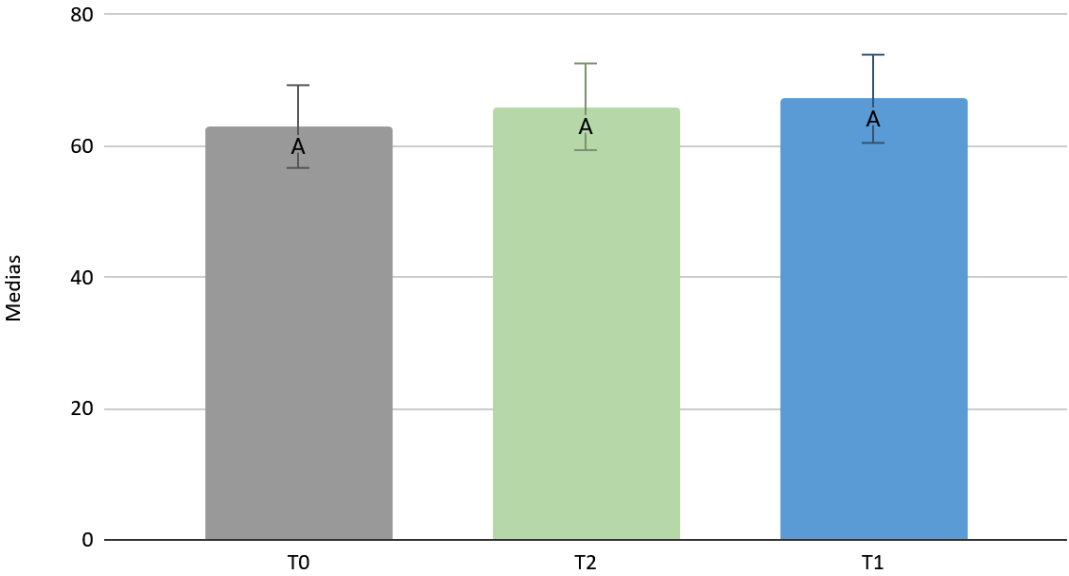


Gráfico 1.3. Comparación entre el promedio de los pesos frescos de los tratamientos DDT 15. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

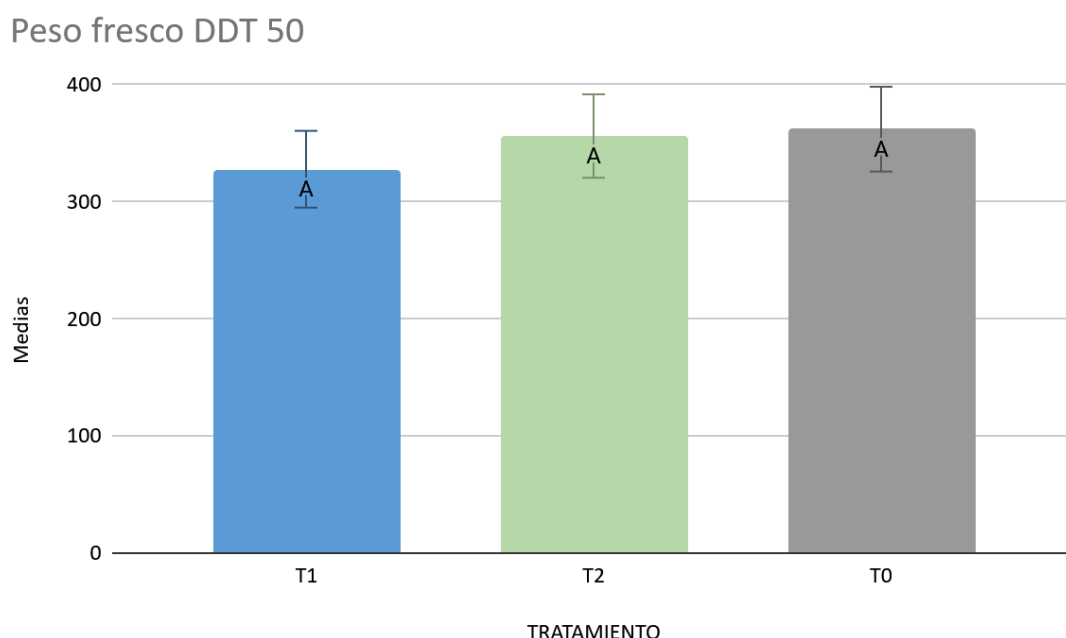


Gráfico 1.4. Comparación entre el promedio de los pesos frescos de los tratamientos DDT 50. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

3-2 Número de Hojas

Para la variable número de hojas, el análisis estadístico indicó que el comportamiento de los tres grupos fue similar, sin diferencias significativas ($p>0,05$). Describiendo el comportamiento de los promedios, se observó una leve tendencia a favor del T2 en las etapas iniciales.

A los 7 ddt, el T2 presentó nominalmente un 7,52% más de hojas que el T0. A los 15 ddt, esta diferencia numérica se redujo al 2,56%.

Al momento de la cosecha (50 ddt), los valores se mantuvieron muy cercanos entre sí, con el T2 superando numéricamente al T0 en apenas un 2,74%, mientras que el T1 mostró un promedio levemente inferior (-1,87%) (Gráfico 2).

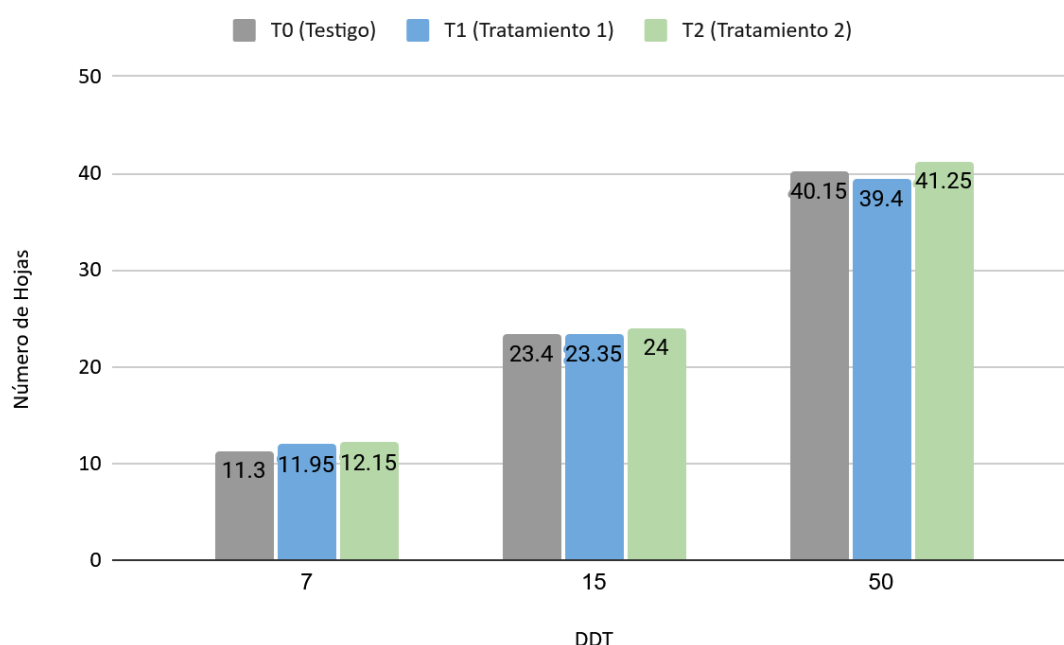


Gráfico 2. Comparación de los promedios de número de hojas entre los tratamientos y el momento de toma de muestra, no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

➤ 3-3 Peso Seco

Al igual que en las variables anteriores, el peso seco no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p>0,05$). Sin embargo, es posible describir las variaciones porcentuales de las medias observadas.

En la primera evaluación, se destacó una tendencia inicial donde el T1 superó numéricamente al T0 en un 17,89%, seguido por el T2 con un 7,78%. A los 15 ddt, el T1 mantuvo un promedio 6,13% superior al testigo, mientras que el T2 mostró valores inferiores (-3,43%). Finalmente, en la cosecha, esta tendencia inicial de mayor acumulación de biomasa seca en el T1 se diluyó, observándose valores promedio inferiores en ambos tratamientos biológicos respecto al control (T1: -11,43% y T2: -9,57%) (Gráfico 3).

Al igual que con la prueba no paramétrica, encontramos que el peso seco de los tratamientos no presentó resultados estadísticamente significativos ($p>0,05$) entre sí para las tres fechas de muestra con la prueba de Tukey (Gráfico 3.2, 3.3 y 3.4).

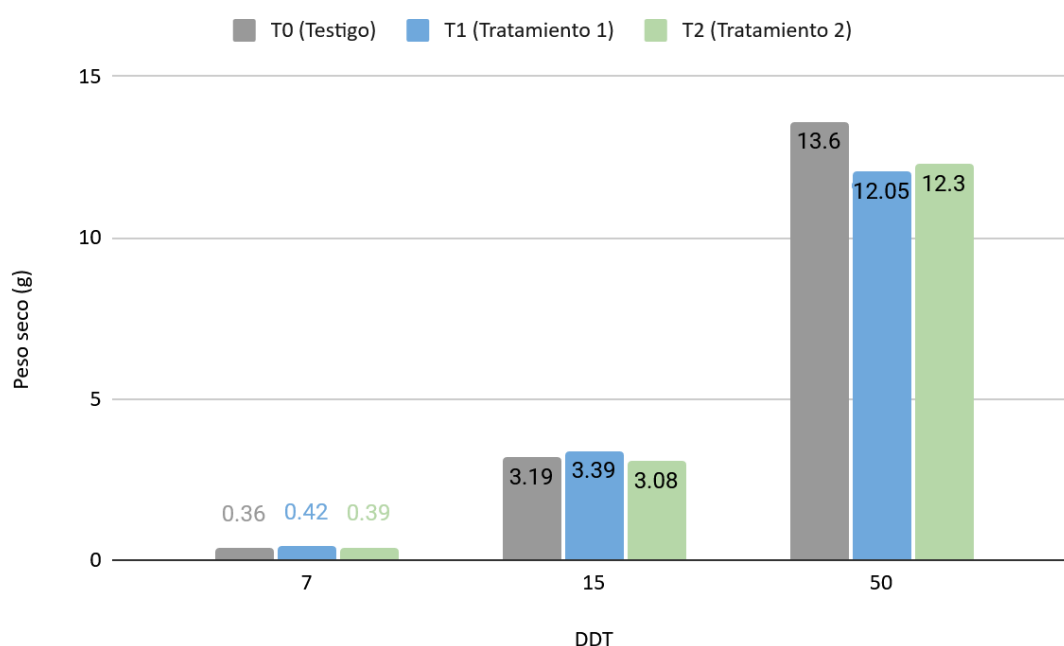


Gráfico 3. Comparación de los promedios de peso seco de los tratamientos en

los tres tiempos de muestreo, no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

Peso seco DDT 7

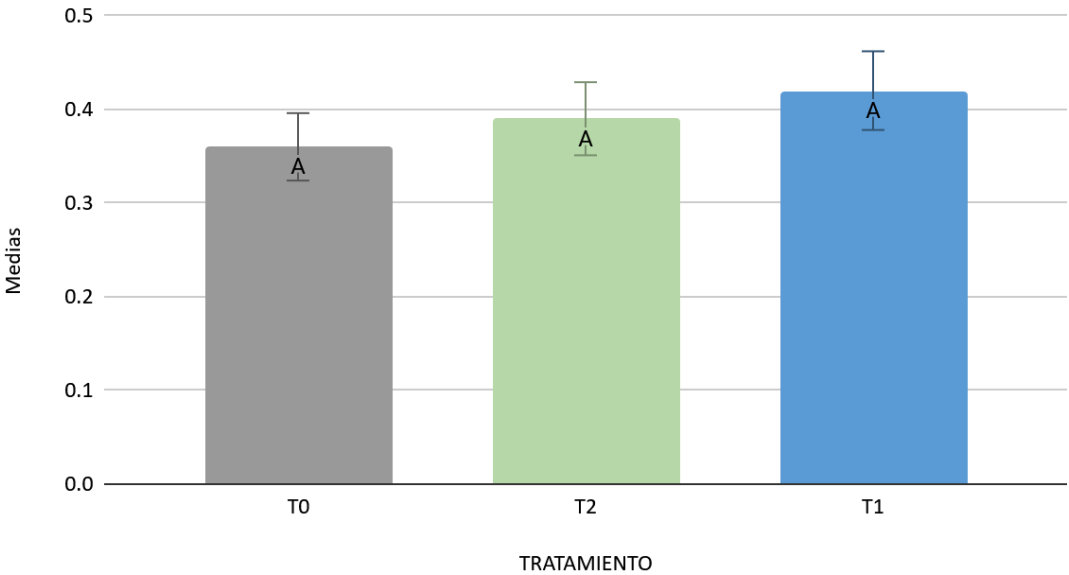


Gráfico 3.1. Comparación entre el promedio de los pesos secos de los tratamientos DDT 7. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Peso seco DDT 15

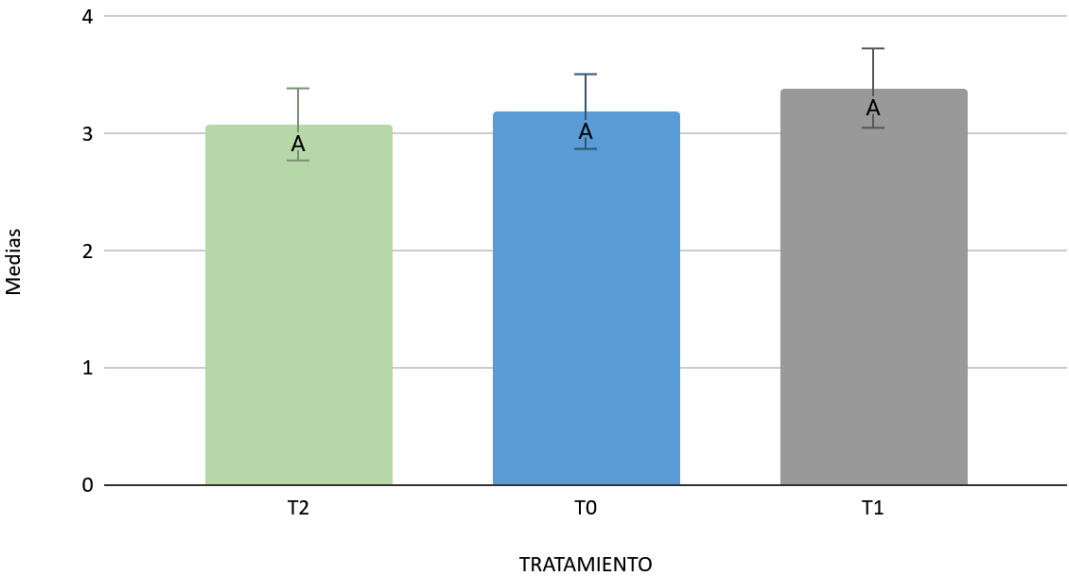


Gráfico 3.2. Comparación entre el promedio de los pesos secos de los tratamientos DDT 15. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

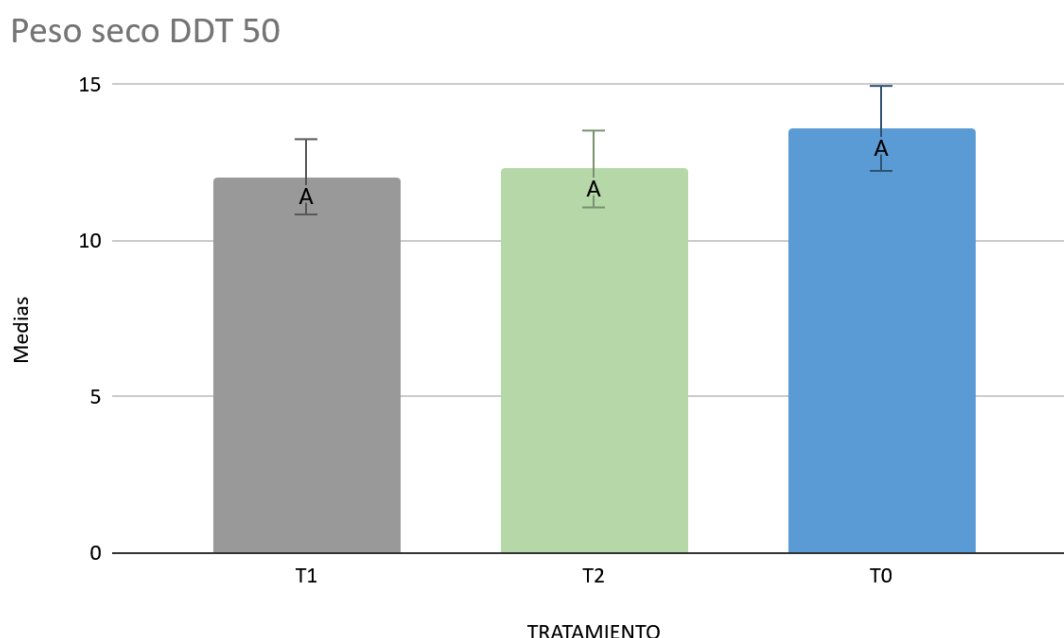


Gráfico 3.4. Comparación entre el promedio de los pesos secos de los tratamientos DDT 50. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

4-DISCUSIÓN

El cultivo de lechuga en Argentina representa el 55% de la producción de hortalizas de hoja (Lopez Bilbao & Frezza, 2022). Ante este contexto, se han implementado paquetes tecnológicos basados en el uso intensivo de las tierras y de recursos de síntesis química inorgánica para la obtención de mayores rendimientos por unidad de superficie y el aumento de la precocidad (Sotelo *et al.*, 2020). Sin embargo, en la actualidad se reconoce que este modelo ha

generado una elevada dependencia de insumos externos generando impactos negativos en los aspectos sociales y ambientales (Guzmán Casado *et al.*, 2000; Sarandón & Flores, 2014a).

Conforme la tecnología y las investigaciones fueron creciendo en el empleo de biofertilizantes microbianos, se propone como tecnología clave para promover la producción agrícola de bajo impacto ambiental, mejorando la fertilidad del suelo con el implemento de los mismos, disminuyendo las consecuencias que los insumos de origen sintético generan al medio ambiente (Mohammadi & Sohrabi, 2012; Aguado-Santacruz *et al.*, 2012; Jiménez-Tobón *et al.*, 2022).

A diferencia de los efectos bioestimulantes y promotores de crecimiento de *A. brasilense* y *P. fluorescens*, demostrados en diversos cultivos donde han generado incrementos significativos en la productividad, como en tomate (Vita *et al.*, 2007; Reybet *et al.*, 2012; Garbi *et al.*, 2012a; Saino, 2020), brócoli (Oberti Arnaudo *et al.*, 2008), pimiento (Di Barbaro *et al.*, 2005; Carletti *et al.*, 2011a) y zapallo (Cracogna *et al.*, 2001; Garbi *et al.*, 2012b), los resultados de este ensayo indicaron una ausencia de respuesta estadísticamente significativa de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la inoculación. Esta observación concuerda con un trabajo previo en lechuga realizado por Deza (2018), aunque cabe destacar que la promoción del crecimiento de la biomasa por estas cepas ha sido registrada específicamente en lechuga en otras investigaciones. Trabajos anteriores señalaron que la inoculación con *A. brasiliense* y *P. fluorescens* incrementó significativamente la longitud de la hoja, el peso fresco de la planta, el área de

absorción radical y la precocidad del cultivo (Carletti *et al.*, 2011b; Garbi *et al.*, 2016; Hernández, 2011).

Los resultados observados que difieren de estos trabajos, donde el Testigo (T0) mantuvo los valores promedio más altos de biomasa (peso fresco: 362,04 g; peso seco: 13,60 g) en la fase final (50 DDT), sugiere que las condiciones edáficas y microclimáticas específicas del experimento limitaron severamente la expresión del potencial de las cepas. Es probable que la alta fertilidad residual proveniente del cultivo antecesor del suelo del invernadero, o condiciones desfavorables para la colonización microbiana, hayan enmascarado el efecto bioestimulante que se esperaba. Esta hipótesis se apoya en la ligera, aunque no significativa, tendencia de T1 a superar al testigo en las mediciones intermedias (7 y 15 DDT), lo que podría indicar un efecto de bioestimulación inicial que no pudo sostenerse ni traducirse en una ventaja a la cosecha.

Si bien los resultados respaldan el potencial genérico de las bacterias promotoras de crecimiento, como lo demuestran los efectos positivos en otros ensayos con hortícolas, como es el caso de la zanahoria con aplicaciones de *G. diazotrophicus* (Castillo-Aguilar *et al.*, 2018; Ríos Rocafull *et al.*, 2016), la falta de significancia en este estudio remarca la necesidad de una evaluación más profunda de las complejas interacciones suelo-planta-microorganismo.

5- CONCLUSIÓN

A partir del análisis estadístico realizado, se concluye que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la aplicación de los

biofertilizantes (T1 y T2) y el testigo (T0) en ninguna de las variables evaluadas (peso fresco, peso seco y número de hojas) a lo largo del ciclo del cultivo (7, 15 y 50 Días Después del Trasplante - DDT).

En consecuencia, se rechaza la hipótesis planteada. Los datos no proporcionan evidencia suficiente para afirmar que la aplicación de los biofertilizantes a base de *A. brasilense*, *P. fluorescens* y *G. diazotrophicus* haya producido un efecto significativo de precocidad, crecimiento o rendimiento en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo las condiciones experimentales del estudio.

6- PERSPECTIVAS FUTURAS

Teniendo evidencia sobre el efecto bioestimulante de las bacterias promotoras de crecimiento, se debería considerar a futuro:

- el uso de otras marcas,
- realizar ensayos en diferentes tipos de suelos,
- en distintas épocas del año,
- realizar con antelación un análisis de suelo y de salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Adlercreutz, E., Carmona, D., Huarte, D., Melegari, A., Szczesny, A., Tulli, M. C., & Viglianchino, L.** (2013). Protocolo para la producción integrada de lechuga en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Eds. Carmona, D.; Melegari, A.; Szczesny, A. ISBN: 978-987-679-289-9. 77 pp.
- Aguado-Santacruz, G.A., Moreno-Gómez, B., Jiménez-Francisco, B., García-Moya, E. & Preciado-Ortiz, R.E.** (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosidéforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1): 9-21.
- Balcaza, L.** (2012). Implicancias de la dinámica de los nitratos y el amonio en la nutrición de los cultivos hortícolas. *Boletín Hortícola*, 50, 27-29.
- Baldini, C.** (2020). *Territorio en movimiento: las transformaciones territoriales del Cinturón hortícola Platense en los últimos 30 años* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Barajas, L. N. A.** (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65-76.
- Bilbao, M. L., & Frezza, D.** (2022). Lechuga. *Buenos Aires: Ediciones INTA*.
- Blancard, D.** (1992). Enfermedades de Tomate. Observar, Identificar, Luchar. Editorial Mundi Prensa. 212 pp.

- Birch, P R J, Kamoun S.** (2000). Studying interaction transcriptomes: coordinated analyses of gene expresión during plant-microorganism interactions. En Wood R. (ed.) New technologies for life sciences: a trends guide. Elsevier Science, New York, N.Y. p. 77-82.
- Bonilla Buitrago, R. González de Bashan, L. E., & Pedraza, R. O.** (2021). Rol de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7405019>
- Burdman, S.; Jurkevitch, E.; Soria Diaz, M. E.; Serrano, A. M. G.; Okon, Y.** (2000). Extracellular polysaccharide composition of *Azospirillum brasilense* and its relation with cell aggregation. FEMS Microbiol. Lett. N° 189. Pág. 259 – 264.
- Bouzo, C. A., & Strassera, M. E.** (2025). La horticultura en Argentina (Capítulo 01). En M. E. Strassera, L. E. Viglianchino, C. A. Bouzo, & R. D. Huarte (Comps.), Manual de producción integrada de las principales especies hortícolas de Argentina (p.16–49). Estación Experimental Agropecuaria Área Metropolitana de Buenos Aires.
- Cáceres, S., Miño, V. S., & Aguirre, A.** (2011). Guía Práctica para identificación y el manejo de plagas de pimiento. Ediciones INTA. ISBN: 978-987-521-352-4.
- Carletti, S.; Garbi, M.; Vita, F.; Facht, N. & Rodríguez Cáceres, E.** (2012). Promoción del crecimiento de plantas de zapallito de tronco (*Cucurbita*

maxima) biofertilizadas con *Azospirillum brasilense*. Horticultura Argentina 31 (76): 56 (resumen)

Carson, K.C., Meyer, J.M. & Dilworth, M. (2000). Hydroxamate siderophores of root nodule bacteria. Soil Biology & Biochemistry 32: 11-21.

Castillo-Aguilar, C. (2018). EVALUACIÓN DE CEPAS DE RIZOBACTERIAS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agro Productividad*, 10(12).

Cassán, F.; Rivera Botia, D.; Torres, D. & Molina, R. (2013). Aspectos bioquímicos, fisiológicos y agronómicos de la producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. In: Microbiología Agrícola. Un aporte a la investigación en Argentina. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Ediciones Magma. 2º ed., p. 329-350 (Albanesi, A. ed.).

Casseres, E. (1980). Producción de hortalizas. Tercera edición. San Jose, Costa Rica. Ed. IICA. P. 180-194 Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9249e/A9249e.pdf>.

Collados Clares, C. (2006). *Impacto de inoculantes basados en Azospirillum modificado genéticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizósfera de trigo y maíz* (Doctoral dissertation, Granada: Universidad de Granada).

Díaz, I. & Iglesias, M.C. (2002). Inoculación con *Azospirillum* sp. en cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* vr. Coloso), bajo invernáculo. In: XXII

Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. FCA, UNNE, Corrientes, Argentina.

Di Benedetto, A., Carnelos, D., y Salinas, M. (2023). Hortalizas donde el producto comercial son las hojas: Lechuga (*Lactuca sativa* L.). En *Ecofisiología de especies hortícolas* (p. 129).

Di Barbaro, G.; Pernasetti, S. & Stegmayer, A. (2005). Evaluación del efecto de *Azospirillum brasilense* en la germinación y emergencia del pimiento pimentonero (*Capsicum annum* L. var. Trompa de elefante). Revista del CIZAS 6: 74-85.

Di Benedetto A. (2005). Manejo de cultivos hortícolas. *Bases ecofisiológicas y tecnológicas. Ed. Orientación Gráfica Editora*

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M & C. W. Robledo, C. W. (2015.) InfoStat versión 2015, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Döbereiner, J., I. Marriel & M. Nery. (1976). Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. Can J Microbiol 22: 1464-1473.

El-Shouny, W. A., Shabanah, S., Fray, R. G., Narraidoo, N. & El-Ballat, E. M. (2020). "Endophytic colonization of tomato plants by *Gluconacetobacter diazotrophicus* and its effect on crops improvement and yield promotion". Delta Journal of Science, 41: 92 -106, ISSN: 2735-5306.

Fernández Valiela, M. V. (1952). Introducción a la Fitopatología.

Ferratto, J. A., Mondino, M. C., Grasso, R. O., Ortiz Mackinson, M. P., Longo, A., Carrancio, L. A., ... & Iribarren, M. J. (2010). Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar: Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina.

Ferraris, A. M. G. N. (2012). Inoculación con microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en trigo. Conocimientos actuales y experiencias realizadas en la región Pampeana Argentina.

García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., & Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8(3), 57-70.

Garbi, M., Carletti, S., Sillon, C., & Vita, F. (2016). Respuesta de plántulas de lechuga mantecosa (*Lactuca sativa* L.) a la inoculación con una formulación compuesta por tres cepas de *Azospirillum brasilense*. *Hortic. Argent*, 35, 19-28.

Garbi, M.; Mezquiriz, N.; Rodríguez Cáceres, E.; Vita, F. & Carletti, S. (2012a). Efecto de la biofertilización con *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate. In: XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS, Mar del Plata, Argentina. p. 978 – 987.

Garbi, M.; Vita, F.; García, J. & Carletti, S. (2012b). Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* sobre el rendimiento de un cultivo de zapallito de tronco (*Cucurbita maxima*). *Horticultura Argentina* 31 (76): 56 (resumen).

- García, R. & T. Bach.** (2003). Efecto de la inoculación con *Pseudomonas* sobre el rendimiento del trigo. Informe técnico 324, INTA - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. Centro Regional Buenos Aires Norte Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. 19 pp.
- Glick, B.** (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 107-120
- Glick, B. R.** (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, artículo 963401.
- Goswami, D., Thakker, J.N., & Dhandhukia, P.C.** (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food and Agriculture*, 2, 1–19.
- Guzmán Casado G. M.; Molina, G.; Guzman, E. S.** (2000). “Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible”. Madrid: Mundi-Prensa.
- Haas D, Défago G.** (2005) Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nat Rev Microbiol.* Apr;3(4):307-19. Review.
- Hernández Pérez, A., Valdés-Aguilar, L.A., Cárdenas-Flores, A., Ibarra-Jiménez, L., Méndez Arguello, B., Vera-Reyes, I. & Lira-Saldivar, R.H.** (2017). Photosynthesis, growth and yield of *Solanum lycopersicum* as influenced by the use of microbial biofertilizers. *Agrochimica* 61 (2): 95-109.
- Huarte, R. D., & Viglianchino, L. E.** (2025). Cultivo de lechuga. En M. E. Strassera, L. E. Viglianchino, C. A. Bouzo, & R. D. Huarte (Comps.), Manual

de producción integrada de las principales especies hortícolas de Argentina (p. 650-673). Estación Experimental Agropecuaria Área Metropolitana de Buenos Aires.

Jackson, L. E. (1995). Root architecture in cultivated and wild lettuce (*Lactuca* spp.). *Plant, Cell and Environ.* Vol. 18 (Nº 8). Pp. 885-897.

Jaramillo Noreña, J.; Aguilar Agruilar, A.; Tamayo Molano, J.; Arguello Rincón, O. & Arroyave Corpioca, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño.

Jiménez-Tobón, D., Vahos-Posada, D. A., Galo-Molina, J. J., & Ríos-Osorio, L. A. (2022). Efecto del uso de biofertilizantes sobre la productividad agrícola: revisión sistemática. *Hechos Microbiológicos*, 13(2).

Kesseli, R., Ochoa, O. & Michelmore, R. (1991). Variación en loci AFLP en *Lactuca* spp. y origen de la lechuga cultivada (*L. sativa*). *Genoma* vol. 34 (Nº 3). Páginas 430-436. 10.1139 / g91-065.

Lambrecht, M., Okon, Y., A. Van de Broek, y J. Vanderleyden. (2000). Indol 3 acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacterial-plant interactions. *Trends in Microbiology.*, 8: 298- 300.

Lazarovits G. & Nowak J. (1997). "Rhizobacteria for Improvement of Plant Growth and Establishment" in: in *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*.

- Lira-Saldivar, R.H., Tucuch-Pérez, M.A., López-López, D., Borjas-Banda, C.L.** (2013a). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la biofertilización y acolchado plástico en producción orgánica. *Agricultura Sostenible* 9: 538-552.
- Lira-Saldivar, R.H., Vázquez-Santiago, E., Valdez-Aguilar, L.A., Cárdenas-Flores, A., Ibarra Jiménez, L. & Hernández-Suárez, M.** (2013b). Producción orgánica de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casasombra con biofertilizantes y acolchado plástico. *Agricultura Sostenible*. 9: 802-815.
- Liu Y, Lai Q, Göker M, Meier-kolthoff JP, Wang M, Sun Y & Shao Z.** (2015). Genomic insights into the taxonomic status of the *Bacillus cereus* group. *Scientific Reports*. 5:1-11.
- Mayak, S., Tirosh, T. y Glick, B.** (2004). Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42: 565-572.
- Mazid, M., & Khan, T. A.** (2015). Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: An overview. *International Journal of Agricultural & Food Research*, 3(3).
- Medigan, Michael T; Martinko, John M; Parker, Jack.** (2003). Brock. *Biología de los Microorganismos*. 10ª Edición. Capítulo 12. La Diversidad Procariótica: Bacteria. Pag 368- 371.
- Moens, S.; K. Michels; V. Keijers; F. Va Leuven; & Vanderleyden, J.** (1995). Cloning, sequencing, and phenotypic analysis of *laf1*, encoding the

flagellin of the lateral flagella of *Azospirillum brasilense*. J. Bacteriol. 177: 5419-5426.

Mohammadi K., & Sohrabi, Y. (2012). Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review. ARPN J Agric Biol Sci, 7(5), 307-316.

Morgan, L. (2003). Practical Hydroponics y Greenhouses. 305 p

Muleta, D., & Assefa, F. (2009). Characterization of Rhizobacteria isolated from wild *Coffea arabica* L. Engineering in Life Sciences, 100-108.

Oberti Arnaudo, A.; Moccia, S. & Correa, O. Ex aequo. (2008). Producción orgánica de plantines de hortalizas. Horticultura Argentina 27 (64): 82 (resumen).

Ongena, M.; Jacques, P.; Toure, Y.; Destain, J.; Jabrane, A. y Thonart, P. (2005). Involvement of fengycin-type lipopeptides in the multifaceted biocontrol potential of *Bacillus subtilis*. Applied Microbiology and Biotechnology 69: 29-38.

Perrine, F., Rolfe, B., Hynes, M. & Hocart, C. (2004). Gas chromatography-mass spectrometry analysis of indolacetic acid and tryptophan following aqueous chloroformate derivatisation of *Rhizobium* exudates. Plant Physiology and Biochemistry. 42: 723-729.

Polack, L. A., & Mitidieri, M. S. (2005). Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades. EEA San Pedro, INTA.

- Puente, M. & A. Peticari.** (2006). Inoculación de trigo con *Azospirillum*. Trigo en Siembra Directa. 97-99. Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AAPRESID.
- Reybet, G. E., Bustamante, A. P., Reybet, C. M., Bramardi, S., & Escande, A. R.** (2012). Efecto sinérgico de la solarización del suelo y la aplicación de *Pseudomonas fluorescens* P190 sobre el rendimiento de tomate en invernadero. *Horticultura Argentina*, 31, 5-11.
- Riggs, P.J.; Chehious, M. K.; Iniguez, A.L.; Kaeppher, S.M.; Triblett, E.W.** (2001). Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. *Aust. J. Plant. Physiology*, 28 (9): 829-836
- Ríos Rocafull, Yoania., Dibut Álvarez, Bernardo., Rojas Badía, Marcia., Ortega García, Marisel., Arozarena Daza, Noel., & Rodríguez Sánchez, Janet.** (2016). "INTERACCIÓN DE LA BACTERIA *Gluconacetobacter diazotrophicus* Y HORTALIZAS DE RAÍZ." *Cultivos Tropicales*, Vol. 37, núm., pp.28-32
- Rodriguez, H. & Fraga, R.** (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*. 17: 319-339.
- Rosas, S.; Correa, N.** (2002). Microorganismos que promueven el crecimiento y desarrollo vegetal (PGPR's). Laboratorio de fisiología vegetal (Depto. Cs. Naturales) Campus Universitario. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

- Saavedra, G., Corradini, F. & Antúnez, A.** (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA 374. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.
- Salas, C., Quiróz, C., & Astudillo, C.** (2015). Manejo sanitario en hortalizas de hoja: Plagas.
- Saini, E., & Alvarado, L.** (2001). Insectos y Ácaros perjudiciales al cultivo de tomate y sus enemigos naturales. INTA y SAGPyA. Buenos Aires, República Argentina, 70 p.
- Saino, Torcuato José.** (2020) Evaluación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate. Tesis de Grado. Universidad Nacional de La Plata.
- Schuster, A., Schmoll, M.** (2010). Biology and biotechnology of *Trichoderma*. Appl Microbiol Biotechnol 87: 787–799.
- Sczesny, A.** (2013). Principales enfermedades que afectan al cultivo de Lechuga. En: Libro de Resúmenes del Módulo 3 (Batata, Arveja, y Hortalizas de hoja: No hay sencillez que no esconda sus vueltas) del Curso de Sanidad en cultivos intensivos. 59-63
- Secretaria de Agricultura.** (2012). Determinación del nivel riesgo fitosanitario para los cultivos de importancia económica en México, 64.

- Sotelo, C.E., González, R., Mansilla, N.P., Soto, M.C., Balbi, C.N., Pérez, G.L.** (2020). Biofertilización: Experiencias realizadas en la provincia del Chaco en cultivos intensivos y extensivos. *Agrotecnia* 30: 57-65.
- Thricoïpé, J. P.** (1997). Laitues. CTFL.
- Vavilov, N. I., & Dorofeev, V. F.** (1992). Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press.
- Vessey, J. K.,** (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant Soil* 255:571-586.
- Vigliola, Marta Irene & otros,** (1986). Manual de horticultura. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- 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.
- Vosatka, M., M. Gryndler.** (1999). Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Appl. Soil Ecol.*, 11: 245-251.
- Wang X, Wang L, Wang J, Jin P, Liu H & Zheng Y.** (2014). *Bacillus cereus* AR156-Induced Resistance to *Colletotrichum acutatum* Is Associated with Priming of Defense Responses in Loquat Fruit. *PLoS ONE*. 9(11):e112494.