



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Evaluación de aplicación combinada de bioestimulantes comerciales en tomate
(*Solanum lycopersicum* L.)

Modalidad: Trabajo de investigación

Área temática: Producción vegetal

Carrera: Ingeniería Agronómica

Fecha de entrega:

Estudiante: Bozzolo Nicolás Samuel

Legajo: 29110/9

Correo electrónico: nicobozzolo@outlook.com

Estudiante: Ramírez Arado Lucas

Legajo: 28362/4

Correo electrónico: lucasramirezagronomia.unlp@gmail.com

Directora: Dra. María Pincirolí

Curso: Climatología y Fenología Agrícola

Co-Directora: Ing. Agr. Luciana Dell'Arciprete

Curso: Climatología y Fenología Agrícola

Tutora: Lic. Karina Alejandra Presta (Biblioteca Conjunta UNLP)

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) a nivel mundial abarca un total de 5.030.545 hectáreas, en Argentina, la producción promedio anual de los últimos años se ubica en torno a 1.100.000 toneladas. Es una hortaliza de origen subtropical, cuya temperatura óptima se ubica entre 20 y 25 °C, con un cero vegetativo entre 6 a 10 ° C. Las fluctuaciones de temperatura diurna-nocturna, benefician su desarrollo. Los bioestimulantes agrícolas actúan sobre los procesos bioquímicos naturales de la planta, ayudando a impulsar el crecimiento, la calidad y la productividad de las cosechas. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación de bioestimulantes formulados en base a micorrizas, y macro y microelementos quelatados en el crecimiento y producción de las plantas de tomate cultivadas bajo cubierta. El ensayo se realizó en un invernadero parabólico con riego por goteo ubicado en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (34° 58'S, 57° 54'W). Se usaron plantines de tomate var Etereí (Seminis®). Los tratamientos fueron: Testigo y aplicaciones de bioestimulantes en momentos y dosis recomendadas por el fabricante. Se determinó: altura de plantas, diámetro de tallo en cuello; fases fenológicas, Radiación Fotosintéticamente Activa, número y peso de frutos por planta, y peso y número de frutos por categoría comercial. En términos generales no se observaron diferencias en altura de planta, en el diámetro del cuello, radiación interceptada, rendimiento en peso y número de frutos por planta ni por categorías comerciales. Los frutos más abundantes fueron los de segunda con un peso medio de 112,3 g. Los resultados no manifestaron una mejora sustancial con respecto a los cultivos sin tratar; posiblemente no se dieron las condiciones propicias para la colonización, desarrollo y proliferación de las micorrizas que facilitara la absorción de los micro y macronutrientes (productos A y B).

INTRODUCCIÓN

Descripción botánica

El tomate, *Solanum lycopersicum* L., pertenece a la familia de las *Solanaceae* y es una especie originaria de Sudamérica, específicamente de Bolivia, Chile, Ecuador, Colombia y Perú. Es una planta herbácea y perenne, cultivada como anual (FAO, 2016). En función de su hábito de crecimiento, pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado. En el primer caso, el crecimiento del tallo principal finaliza con la aparición de una inflorescencia terminal. Esto sucede luego de haber producido varios racimos, en general con una o dos hojas entre los mismos. Las plantas con este tipo de crecimiento usualmente se utilizan cuando el destino es la industria. Por su parte, las plantas de tomate con hábito de crecimiento indeterminado poseen en su ápice una yema vegetativa que permite un crecimiento continuo del tallo principal siempre que las condiciones ambientales lo permitan. En este tipo de plantas los racimos aparecen cada 3 o 4 hojas de forma repetitiva (Escobar & Lee, 2009; Frezza, 2018). El sistema radicular puede alcanzar hasta 1,5 m de profundidad y está provisto de un elevado número de raíces secundarias. Además, tiene la capacidad de formar raíces adventicias, las cuales se observan a nivel del suelo y ayudan a mejorar su anclaje al mismo. Su tallo es anguloso, de 2 a 4 cm de diámetro en la base, primero de crecimiento erguido, volviéndose luego decumbente. Sobre éste se encuentran de manera alternada las hojas, las cuales son compuestas e imparipinnadas, constituidas por folíolos lobulados o dentados en número de 7 a 9 (Argerich & Troilo, 2011).

Importancia del fruto

El fruto es de tipo baya bi a pluricarpelar, con diferentes formas, colores y tamaño. Su diámetro puede variar de 3 a 16 cm y su peso de pocos gramos a más de 400 g. En general es redondeado de color rojo cuando está maduro y está compuesto en un aproximadamente 94% por agua, mientras que el restante 6% es una mezcla de constituyentes orgánicos, los cuales le dan su textura y

sabor característico. El tomate es un alimento de poco valor energético, gracias a ello y a su versatilidad en la forma de consumo se convierte en una de las principales fuentes de vitaminas, minerales y antioxidantes (como el licopeno) debido a su alta ingesta (Corbino, 2011). En general la cosecha se realiza de forma manual y es escalonada en la planta, durante alrededor de 4 meses. Desde el cinturón hortícola platense ingresan al MCBA frutos entre noviembre y julio, con un mayor caudal en los meses estivales (MCBA, 2015). Dado que se trata de un fruto climatérico, puede cosecharse con diferentes grados de madurez. En este sentido, cuando se busca una mayor vida comercial se suelen cosechar con una menor madurez, resignando mejores propiedades organolépticas. La manipulación posterior incluye la limpieza, clasificación (por tamaño, color, calidad) y envasado; estas etapas conforman el acondicionamiento y el mismo debe ser muy cuidadoso para no perjudicar el valor comercial de los frutos (Argerich & Troilo, 2011).

Requerimientos climáticos

Las condiciones agroecológicas existentes en el país brindan una amplia gama de climas donde puede desarrollarse el cultivo. Una excepción es la región patagónica limitada por su corto periodo de días libres de heladas, descartando desde el punto de vista climatológico la región que comienza en el valle del Río Negro, y hacia el sur. Respecto a la producción para consumo en fresco, se destacan como regiones donde se cultiva bajo invernadero, a las provincias del NOA, NEA y cinturones hortícolas de Gran La Plata y General Pueyrredón, en provincia de Buenos Aires. Las regiones del NOA y NEA son las responsables de garantizar mediante la producción, el abastecimiento a contra estación de los centros urbanos del resto del país, debido a su menor incidencia de heladas y temperaturas invernales moderadas (Ministerio de Agroindustria, 2016).

El tomate es una hortaliza de origen subtropical, cuya temperatura óptima se ubica entre 20 y 25 °C. Es una especie sensible a las heladas. Las temperaturas por debajo de 0 °C ocasionan daños en la parte aérea, y tiene un cero vegetativo

de 6 a 8 °C (también hay citas de 10 °C). Esta especie requiere una temperatura mínima de 12 °C para un correcto desarrollo, aunque soporta temperaturas más bajas durante breves períodos de tiempo. Las fluctuaciones de temperatura diurna-nocturna (termoperiodicidad) benefician su crecimiento y desarrollo. En general, esta fluctuación de temperatura diurna/nocturna es preferible que sea de 6 y 7 °C. Es indiferente al fotoperiodo en un rango de 8 a 16 horas, pero requiere de buena iluminación (1000 a 250 lux/pie) (Martínez *et al.*, 2022). El efecto de una baja iluminación se traduce en síntomas como clorosis, falta de diferenciación de flores, poca o nula madurez, entre otras. La suma de grados días (con temperatura de base sobre 10 °C) es un buen estimador de los cambios de fases fenológicas, y de la capacidad de lograr ciclos del cultivo en cada zona geográfica (Martínez *et al.*, 2022).

En general, puede ser cultivado en un gran número de suelos ya que no tiene importantes requerimientos con relación a este aspecto. Sin embargo, es recomendable su cultivo en aquellos sueltos y profundos con excelente drenaje y alto contenido de materia orgánica. En suelos de drenaje deficiente se ve afectado de manera desfavorable. En relación con el pH, son adecuados los suelos ligeramente ácidos, en el rango de 6,2 a 6,8. Sin embargo, también puede desarrollarse en suelos ligera a medianamente alcalinos (Pinzón Ramírez, 2012).

Importancia del cultivo

El cultivo de tomate a nivel mundial abarca un total de 5.030.545 hectáreas, con una producción estimada de tomate fresco de 180.766.329 toneladas (FAOSTAT, 2019). El 90% de la producción mundial se concentra en diez países, siendo el líder Estados Unidos, seguido por China, Italia, y Turquía. La Argentina ocupa el puesto número 13 y participa con el 1% de la producción mundial (FAO, 2016). La producción promedio anual de tomate argentino de los últimos años se ubica en torno a 1.100.000 toneladas, abarcando a la fecha 17.000 hectáreas productivas, de las cuales aproximadamente un 60-70% se destina a mercado para consumo en fresco y un 30-40% restante para industria. (Dirección de Producción Agrícola, 2020).

El tomate es el principal cultivo realizado bajo cobertura en nuestro país, seguido por el pimiento y las hortalizas de hoja (Lenschak & Iglesias, 2019); destacándose por esta modalidad de producción el cinturón hortícola platense, donde es mayormente producido bajo este sistema, ocupando una proporción importante de las 4.641 ha cubiertas (Viteri *et al.*, 2013; Miranda, 2017).

El sistema de producción bajo cubierta condujo a una producción más estable en el tiempo en las distintas regiones permitiendo una oferta sostenida durante todo el año a pesar de ser un cultivo estacional (Argerich & Troilo, 2011). Paralelamente, esta producción intensiva sumada al monocultivo llevó al deterioro de los suelos y a la propagación de enfermedades causadas por hongos y bacterias. Dentro de los productos utilizados históricamente por los productores para el control de patógenos de suelo, se encuentra el bromuro de metilo, cuyo uso fue limitado a partir de 2006, por lo cual los productores debieron analizar vías alternativas para el control de patógenos (*Fusarium*, *Verticillium*, etc) (SAGyP, 2006). Entre ellos se encuentran los bioinsumos y bioestimulantes que surgen como herramientas alternativas a la fertilización convencional. Entre la gama de productos con potencial de reemplazo se destacan las micorrizas, dentro del grupo de productos conocidos como bioestimulantes. Según Du Jardin (2015), un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia. Por extensión, también se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que contienen mezclas de estas sustancias o microorganismos (Du Jardin, 2015). Son productos biológicos que contienen microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos, destinados a ser aplicados para la producción agraria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética (SENASA, 2020). En este sentido, los bioestimulantes agrícolas actúan sobre los procesos bioquímicos naturales de la planta, ayudando a impulsar el crecimiento, la calidad y la productividad de las cosechas. A diferencia de los biofertilizantes, los bioestimulantes no incrementan el aporte de nutrientes a la planta, sino que

estimulan sus procesos naturales, promoviendo su crecimiento y desarrollo (Symborg, 2024).

No obstante, la simbiosis de los microorganismos con sistema radical de la planta es compleja. Los microorganismos no sólo se nutren de estos exudados radicales, sino que además éstos son una fuente de humedad, sostén e incluso (en el caso de las bacterias endófitas) de protección frente a otros microorganismos, es decir, conforman un nicho con características propias y particulares. Es por ello que el manejo de la rizósfera es un factor más en el manejo de los cultivos (INTAGRI, 2017).

La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP cumple un rol clave como institución, mediante su función de investigación y extensión. Trabaja en forma continua con ensayos de nuevas técnicas y productos de origen no sintético, para reemplazar a los productos de control de plagas y enfermedades tradicionales de síntesis química, alternativas todas que buscan reducir el impacto ambiental, disminuir los costos de producción y aumentar o mantener los rendimientos en sistemas agropecuarios sustentables. En este contexto, es de interés investigar la respuesta de las plantas de tomate a bioestimulantes y biofertilizantes disponibles en el mercado, analizando su respuesta fisiológica y productiva.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto combinado de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales sobre el crecimiento y la producción de las plantas de tomate conducidas bajo invernadero.

Objetivos específicos

- 1- Evaluar el efecto combinado de dos bioestimulantes comerciales sobre variables de crecimiento y fenológicas en un cultivo de tomate conducido bajo invernadero.

- 2- Investigar modificaciones en el rendimiento y calidad comercial de frutos de tomate, producidas por el efecto combinado de dos bioestimulantes comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un invernadero parabólico de 24 m de ancho x 40 m de largo, estructura metálica y cubierta plástica; con sistema de riego por goteo. El mismo se ubica en la Estación Experimental Julio Hirschhorn perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (34° 58'S, 57° 54'W). Para el ensayo se utilizaron plantines de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cvar. Etereí (Seminis®), un híbrido F1 de tomate redondo, hábito de crecimiento indeterminado, obtenidos de una plantinera local. El cultivo se inició por trasplante el 25/10/2022 sobre lomos con una separación de 0,80 m y 0,25 m entre plantas. Los lomos fueron cubiertos con mulching plástico negro previo al trasplante, así como también se colocó el sistema de riego por cinta de goteo. También se realizó el tutorado mediante atado con hilo sostenido por alambres fijos a la estructura del invernáculo y paralelos al surco.

Los productos evaluados fueron:

Producto A: Se trata de un biofertilizante completo fabricado a base de micelio de hifas y esporos de micorrizas (*Glomus mosseae*) cultivadas en raíces estériles de plántulas. Dichas micorrizas infectan las raíces tratadas desarrollándose en el interior de las células corticales. Establecen una simbiosis con la planta, en la cual, a cambio de fotosintatos producidos por ésta, generan un sistema de hifas que rodean la raíz, extendiéndose la misma varios metros, aumentando el volumen explorado en la rizósfera, propiciando la llegada de las raíces a lugares de difícil penetración y haciendo más eficiente el traslado de agua y nutrientes.

Producto B: Se trata de una solución de macro y micronutrientes en forma de quelatos (EDTA) que contribuye a incrementar la solubilidad y optimizar la absorción por estomas. Está compuesto por hormonas vegetales (citoquinas, auxinas, giberelinas y brasinoesteroides), obtenidas de fuentes naturales, por hidrólisis enzimáticas de extractos y por fermentación natural de bacterias, hongos específicos y extractos etéreos de semillas.

Se realizaron dos tratamientos:

T1: Testigo con aplicación de agua.

T2: Plantas tratadas con la combinación de bioestimulantes. Las aplicaciones se realizaron de acuerdo al siguiente esquema: El Producto A fue aplicado por inmersión de raíces previo al trasplante (24 horas antes) y por drench (riego al cuello de la planta) 15 días después. Adicionalmente se aplicó el Producto B por aspersión foliar, y luego durante todo el ciclo del cultivo, se continuaron las aplicaciones cada 30 días.

Detalle de las aplicaciones:

- Aplicación de inóculo de micorriza *Glomus mossae* (Producto A) por inmersión de raíces el día 25/10/2022 previo al trasplante. El inóculo se preparó diluyendo 100 cm³ de solución comercial en 10 litros de agua según instrucciones de fabricante.
- Aplicación foliar por aspersión de microelementos quelatados (Producto B) el 4/11/2022. La dilución de la solución fue de 20 cm³ de concentrado en 20 litros de agua, según recomendaciones de fabricante.
- Segunda aplicación de inóculo de micorrizas (Producto A) por drench el 24/11/2022. La metodología consiste en la aplicación directa de la solución mediante jeringa en la base del tallo de las plantas (Fishel *et al.*, 2022)
- Segunda aplicación foliar de microelementos (Producto B) el 9/12/2022

Se realizaron las siguientes determinaciones:

Variables de crecimiento y fenología:

- Altura de planta medida con cinta milimetrada a los días 10, 17, 52 y 64 días después de trasplante (DDT)
- Diámetro en el cuello de la planta con calibre digital a los días 10, 17, 52 y 64 días después de trasplante (DDT)

- PAR (Radiación fotosintéticamente activa) mediante el uso de un ceptómetro integrador BAR-RAD 100 (Cavadevices®) de 1 m de longitud. La medición de la radiación interceptada a nivel del cuello sobre la medición de la radiación interceptada a una altura de 1,50 metros. Se calculó la radiación interceptada mediante la siguiente fórmula: $PAR_{interceptado} = (PAR_{inf}/PAR_{inc}) \times 100$; donde PAR_{inf} es la PAR recibida a nivel del suelo y PAR_{inc} , la recibida sobre el cultivo expresado en porcentaje (%)

Fases fenológicas: se registraron las fechas de floración y fructificación medida del primero al sexto racimo en plenitud de fase (es decir cuando el 80 % de plantas en la parcela presentaban esa fase). A partir de esa información se calcularon los subperiodos trasplante – floración y trasplante – fructificación para cada racimo. Variables productivas y calidad comercial de frutos:

Las cosechas se realizaron en 5 fechas consecutivas: 16 de diciembre de 2022, 4, 9, 12 y 18 de enero de 2023 o sea a los 10, 17, 52 y 64 días después del trasplante (DDT).

Durante las mismas se evaluó:

Número y rendimiento de frutos por categoría comercial considerando frutos de 1° categoría a aquellos con un peso superior a 150 g, frutos de 2° categoría a aquellos comprendidos entre 100 y 149 g y frutos de 3° categoría a aquellos con un peso inferior a 99 g. Para la obtención del rendimiento se utilizó una balanza digital Kretz Eco 2® (30 kg).

Peso medio de frutos: como el cociente entre el peso y el número de frutos

El diseño estadístico del ensayo fue en bloques completos al azar, con 3 repeticiones y 10 plantas por parcela.

Análisis Estadístico

- Se realizó un ANOVA utilizando como fuente de variación los tratamientos ($p \leq 0,05$). Se realizó una correlación de Pearson entre altura y diámetro de planta a los días 10, 17, 52 y 64 días después de trasplante (DDT),

rendimiento y número de frutos de por planta. Se utilizó en programa estadístico InfoStat-Statistical Software 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte I: Crecimiento y fenología del cultivo

A) Altura de planta

En lo que respecta a la altura de las plantas (Gráfico 1), se pudo observar una leve ventaja en las plantas tratadas medidas a los 10 y 17 DDT sin ser significativa. En la observación realizada a los 52 DDT se revierte la tendencia resultando levemente más altas las plantas testigo, diferencia que se hace significativa en la cuarta medición. En la Tabla 1 se presentan especificaciones de los análisis de varianza realizados.

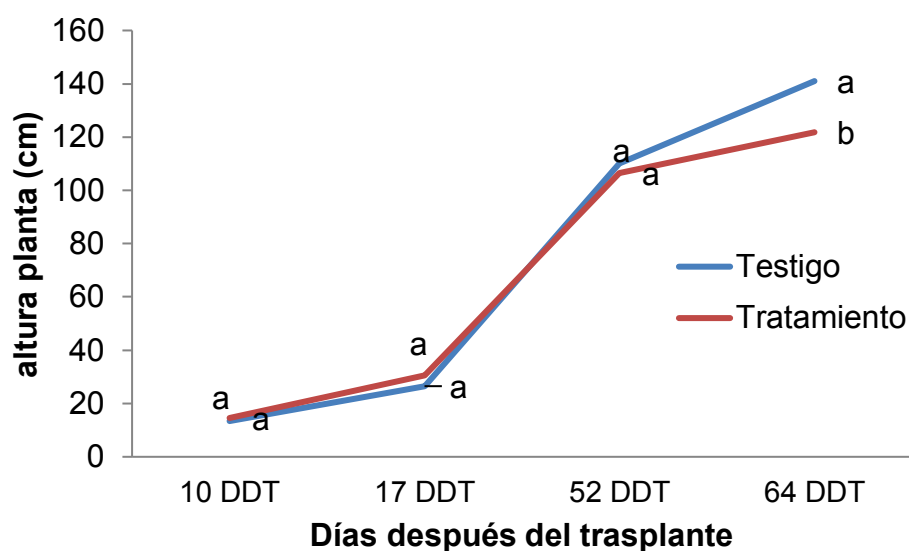


Gráfico 1. Altura de las plantas de tomate tratadas con bioestimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo) en las 4 fechas evaluadas. La Plata, 2022-2023.

Letras diferentes en cada fecha indican diferencias estadísticamente significativas según análisis de varianza ($p < 0,05$)

Tabla 1. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA, una vía) para altura de planta

Variable	10 DDT	17 DDT	52 DDT	64 DDT
R ²	0,30	0,36	0,0044	0,53
CV (%)	10,84	15,09	28,57	13,69
Valor de probabilidad tratamiento (p-valor)	0,1314	0,0662	0,8110	0,0398

Los resultados obtenidos se contradicen con lo observado por Saino (2020). Este autor observó un incremento en altura en las plantas inoculadas respecto al testigo a partir de la segunda fecha de medición y hasta cosecha aplicando bioestimulante con bacterias promotoras de crecimiento sobre plantas de tomate Elpida (Enza Zaden®). Asimismo, He *et al.* (2019) encontraron que la co-inoculación en tomate con *Bacillus* sp. y *Pseudomonas putida* promovió el crecimiento, rendimiento y la absorción de nutrientes. Medina *et al.* (2015), aplicando un biofungicida en tomate, observaron mejoras en el crecimiento de las plantas (altura, número de hojas, longitud de las hojas y diámetro del tallo); mientras que Boiardi (2022) inoculando plantas de tomate con especies bacterianas (*Pseudomonas fluorescens*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas* sp.) observó que el 70% de los tratamientos, condujeron a obtener plantas de mayor altura, en las primeras etapas del desarrollo vegetativo (a 28 días del trasplante), efecto que se observó en todos los tratamientos hacia el final del ensayo (a 63 días del trasplante).

B) Diámetro del tallo a nivel del cuello de la planta

Con respecto al diámetro del tallo, se observan mayores valores en las plantas tratadas en la primera fecha (10 DDT), logrando así una diferencia significativa

en favor del tomate que está bajo tratamiento. Pero esta tendencia no perdura en el tiempo, ya que luego, a los 17, 52 y 64 DDT no observamos una diferencia significativa. También vemos que la brecha inicial se fue acortando cada vez más en las mediciones sucesivas (Gráfico 2, Tabla 2).

Estos resultados coinciden con lo observado por Saino (2020) al utilizar un bioestimulante con bacterias promotoras de crecimiento en el híbrido Elpida (Enza Zaden®). Boiardi (2022), aplicando bacterias sobre plantas de tomate, observó variaciones del diámetro del tallo medido en la base en el 40% de los tratamientos, y solo al inicio del cultivo, en coincidencia con lo observado en este ensayo.

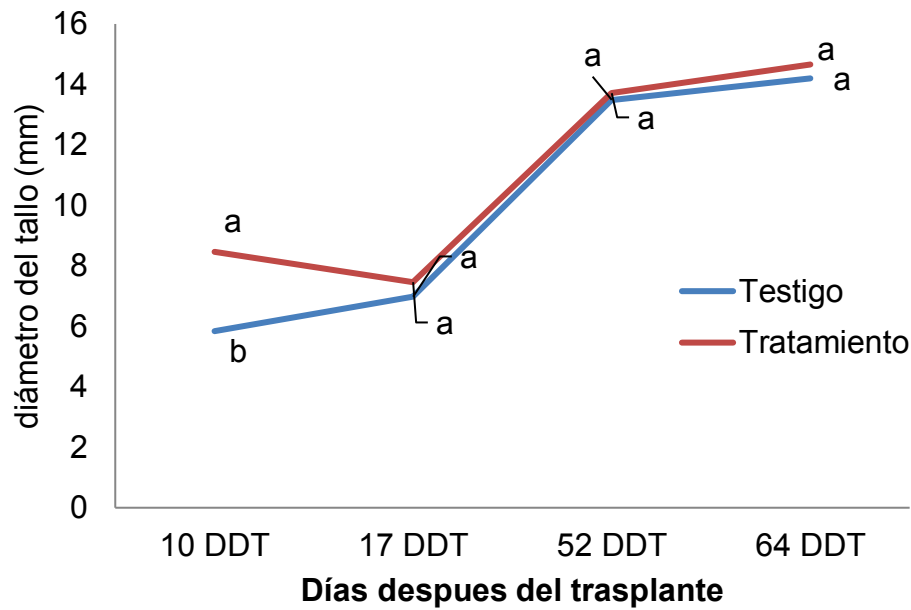


Gráfico 2. Diámetro de tallo a nivel del cuello en las plantas de tomate tratadas con biostimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo) en las 4 fechas evaluadas. La Plata, 2022-2023

Letras diferentes en cada fecha indican diferencias estadísticamente significativas según análisis de varianza ($p < 0,05$)

Tabla 2. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA, una vía) para diámetro de tallo a nivel de cuello de la planta

Variable	10 DDT	17 DDT	52 DDT	64 DDT
----------	--------	--------	--------	--------

R ²	0,62	0,06	0,35	0,14
CV (%)	19,57	17,28	14,84	15,53
Valor de probabilidad tratamiento (p-valor)	0,0014	0,4260	0,8267	0,6684

Reyes-Pérez *et al.* (2018) aplicaron diferentes concentraciones de bioestimulantes sobre tomate, observando que los valores referidos a altura de la planta y diámetro cuello fueron equivalente al testigo sin aplicación cuando utilizaron dosis bajas (100 y 200 mg ha⁻¹), observando diferencias a favor de la aplicación del bioestimulante al utilizar dosis más altas (300 y 400 mg ha⁻¹). Eso se encontraría asociado a un mayor contenido de clorofila que podría deberse a una mayor absorción de nutriente por parte de las plantas, relacionado a la aplicación del bioestimulante. En las condiciones de este ensayo, la escasa diferencia observada entre tratamientos podría estar dada por la dosificación utilizada.

3- Radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada (%)

El desarrollo del canopeo permitió una mayor interceptación de la radiación fotosintéticamente activa en las plantas testigo durante las tres fechas evaluadas (Tabla 3).

Tabla 3. Radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada (%) por plantas de tomate tratadas con biostimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo). La Plata, 2022-2023

Fecha de medición		
10 DDT	17 DDT	52 DDT

Tratamiento	32 a	54 a	76 a
Testigo	50 b	80 b	85 b
R²	0,95	0,94	0,73
CV	6,39	6,67	5,19
p	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas según análisis de varianza ($p < 0,05$)

4- Fenología

El tratamiento del cultivo con la combinación de bioestimulantes no modificó en forma significativa la cantidad de días requerida para la floración del primer a sexto racimo, aunque pude señalarse una tendencia a la prolongación del subperiodo en las plantas tratadas a partir de la floración de quinto racimo (Tabla 4). Una respuesta equivalente se registró para el subperiodo trasplante – fructificación, aunque se presentaron diferencias significativas en la fructificación de cuarto y sexto racimo (Tabla 5).

Reyes-Pérez *et al.* (2018) tampoco registró modificaciones en los días requeridos para la floración o fructificación en tomate tratado con dosis bajas de bioestimulante (100 y 100 mg ha⁻¹). Dosis más elevadas (300 a 400 mg ha⁻¹) produjeron retraso en la floración y fructificación, respecto a los testigos sin tratar. El autor justificó estos resultados considerando que uno de los ingredientes que conformaban los bioestimulantes utilizados era el polímero quitosano. Este polímero tiene la propiedad de formar una capa transparente y semipermeable a los gases en la superficie de las hojas, provocando la retención de humedad y el cierre estomático, por lo que las plantas tratadas con quitosano pueden tener un ciclo más largo que las plantas de control. En el caso de este trabajo, no puede afirmarse que este compuesto forme parte de la formulación.

Tabla 4. Subperíodo trasplante – floración del 1° al 6° racimo en plantas de tomate tratadas con biostimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo). La Plata, 2022-2023

	Subperíodo Trasplante-Floración (días)					
	Racimo 1	Racimo 2	Racimo 3	Racimo 4	Racimo 5	Racimo 6
Tratamiento	6 a	24 a	34 a	42 a	55 a	62 a
Testigo	7 a	24 a	35 a	42 a	50 a	59 a
R²	1,00	0,69	0,69	0,17	0,89	0,69
CV	0,00	12,40	1,46	2,40	3,77	5,78
p	sd	0,7952	0,5000	>0,9999	0,2422	0,5000

Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas según análisis de varianza ($p < 0,05$)

Tabla 5. Subperíodo trasplante – fructificación del 1° al 6° racimo en plantas de tomate tratadas con biostimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo). La Plata, 2022-2023

	Subperíodo Trasplante- Fructificación (días)					
	Racimo 1	Racimo 2	Racimo 3	Racimo 4	Racimo 5	Racimo 6
Tratamiento	12 a	34 a	41 a	55 b	62 a	76 b
Testigo	12 a	34 a	42 a	50 a	59 a	70 a
R²	1,00	0,69	0,69	0,94	0,69	1,00
CV (%)	0,00	1,48	1,21	2,84	5,78	0,00

p- valor	sd	0,5000	0,5000	0,1695	0,5000	sd
-----------------	----	--------	--------	--------	--------	----

Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas según análisis de varianza ($p < 0,05$)

Parte II: Producción y calidad comercial de los frutos

El tratamiento con bioestimulante no produjo un incremento en los rendimientos, el número de frutos por planta o el peso medio de frutos (Tabla 6).

Tabla 6. Número de frutos por planta, rendimiento y peso medio de fruto en tomate tratado con bioestimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo). La Plata, 2022-2023

	N° frutos por planta	Rendimiento (g m⁻²)	Peso medio de fruto (g)
Tratamiento	44	4315	101,00
Testigo	49	4720	123,67
R ²	0,26	0,24	0,49
CV (%)	61,50	40,63	38,63
(p-valor)	0,8576	0,8120	0,5879

Estos resultados son similares a lo observado por Saino (2020) quien, aplicando bioestimulantes en plantas de tomate observó que los rendimientos no se incrementaron con la inoculación. Si bien registró una tendencia en el aumento del calibre de los frutos cosechados y en la producción, ésta no fue significativa. También coinciden con lo reportado por Lorenzo *et al.* (2015), estudiando la aplicación de promotores de crecimiento radicular a base de aminoácidos, en cultivo de tomate variedad HMX 7883, quienes tampoco encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de frutos por planta ni en la producción total.

Medina *et al.* (2015), aplicando un biofungicida en tomate, observaron que la producción de tomate solo mostró mejoras significativas en el rendimiento a concentraciones mínimas de producto, recayendo esta mejora principalmente en el mayor número de frutos cosechados por planta.

Por otro lado, Rolleri *et al.* (2021) analizaron la respuesta de dos inóculos de distintas cepas de micorriza *Trichoderma harzianum* en cultivo de tomate platense, en presencia de la bacteria *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* (inoculada posteriormente en las plantas por incisiones en los tallos). En el análisis de este ensayo no se encontraron diferencias significativas en el peso medio y número de frutos entre los tratamientos, aunque se destacó una de las cepas de *Thricoderma* aplicada en formulación líquida que obtuvo la mejor respuesta en el control de la enfermedad al observar las variables productivas (número de frutos) respecto a la segunda cepa y en otras formulaciones.

También Boiardi (2022), inoculando plantas de tomate Elpida en el momento del trasplante con diferentes combinaciones de bacterias (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas* sp.) registró que de los 11 tratamientos evaluados solo la combinación de *P. fluorescens* y *B. amyloliquefaciens* provocó un aumento del rendimiento significativo de las plantas.

El análisis de las investigaciones ya descritas indica que existe una gran variabilidad en la respuesta de los organismos vivos al inocularlos en el cultivo de tomate al estar en interacción con distintas formas de bioestimulantes (micorrizas, bacterias, extractos vegetales concentrados, moléculas promotoras del crecimiento, etc). Siendo que, en la mayoría de los casos analizados, la respuesta es más favorable al crecimiento vegetativo, aunque luego esa mejora no siempre se correlaciona con mejoras en la producción, como se determinó finalmente en nuestra línea de ensayo.

Rendimiento por categorías comerciales

Al analizar los frutos de las 5 cosechas realizadas se observó que no hubo diferencias entre el número de frutos por planta y el peso de los frutos dentro de cada una de las 3 categorías comerciales evaluadas (Tabla 7).

Tabla 7. Número de frutos por planta y rendimiento en tomate tratado con bioestimulantes comerciales (Tratamiento) y sin tratar (Testigo). La Plata, 2022-2023

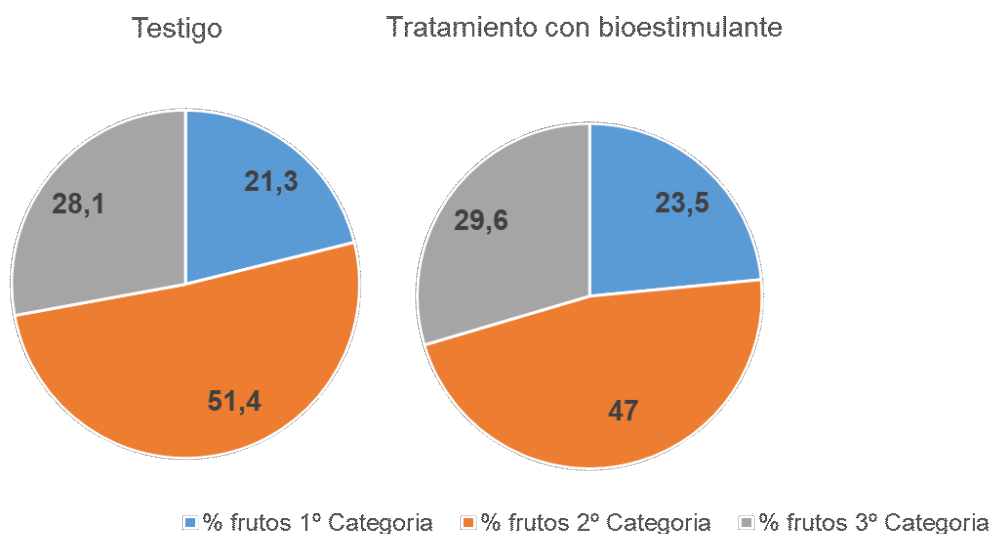
	1ra Categoría		2da Categoría		3ra Categoría	
	Nº por planta	Peso (g m ⁻²)	Nº por planta	Peso (g m ⁻²)	Nº por planta	Peso (g m ⁻²)
Tratamiento	6	980	16	1977	22	1235
Testigo	6	1041	24	2445	19	1234
R ²	0,19	0,32	0,33	0,24	0,20	0,26
CV (%)	64,84	73,87	89,23	80,18	74,01	74,37
p-valor	>0,9999	0,9282	0,6487	0,7773	0,8680	0,8896

Estos resultados coinciden con lo observado por Vio *et al.* (2017) evaluando inoculación en tomate con diferentes géneros de bacterias (*Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus* sp), quienes encontraron que, si bien hubo diferencias entre algunos tratamientos, ninguno se diferenció del testigo en cuanto a frutos de 1º categoría. No obstante, cabe señalar que la aplicación de *P. fluorescens* al momento de trasplante incrementó en 45% la producción de frutos de 1º categoría, en relación a las plantas sin inocular (Vio *et al.*, 2017).

Proporción de frutos por categoría

Analizando el tamaño de los frutos cosechados por categoría, pudo observarse que la distribución resultó equivalente con un predominio de los frutos de segunda categoría (entre 100 y 149 g), tanto en las plantas tratadas como en las testigo. En el Gráfico 3 se representa el porcentaje de frutos según categorías comerciales considerando el rendimiento total de las 5 cosechas.

Gráfico 3. Porcentaje total de frutos por categorías cosechados en las parcelas tratadas y testigo



Correlación entre crecimiento y rendimiento total

Con el fin de analizar si los datos de crecimiento guardaban algún patrón relacionado con el rendimiento se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los valores de peso total y número total de frutos por planta con la altura y el diámetro de la planta medidos en la fecha de inicio de cosecha (64 DDT).

Pudo observarse correlación positiva y significativa entre peso y número total de frutos por planta pero no se observó correlación con los parámetros de crecimiento (altura y diámetro) (Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de Correlación de Pearson entre variables de rendimiento y crecimiento

	Peso total de frutos/planta	Nº total de frutos/planta	Altura medida a los 64 DDT	Diámetro a los 64 DDT
Peso total de frutos/planta	1,00	0,96	-0,22	0,46
Nº total de frutos/planta	<0,0001*	1,00	0,6786	0,3643
Altura medida a los 64 DDT		<0,0001	1,00	0,5683
Diámetro a los 64 DDT				0,07

Ref. Coeficientes\probabilidades

CONCLUSIÓN

En las condiciones de ensayo:

La aplicación combinada de dos bioestimulantes comerciales produjo una reducción significativa en la altura de las plantas que se manifestó especialmente a los 64 días después del trasplante.

Contrariamente, el diámetro del tallo medido a la altura del cuello en las plantas tratadas comenzó superando a las testigo (10DDT) para luego equipararse.

No se registraron modificaciones en el desarrollo fenológico de las plantas.

Los valores de rendimiento por planta y por metro cuadrado así como las categorías comerciales de los frutos cosechados no presentaron modificaciones con el tratamiento aplicado

Estos resultados, podrían deberse a una dosis no adecuada de los productos aplicados. Asimismo, las condiciones edáficas pueden no haber sido propicias para la colonización, desarrollo y proliferación de las micorrizas (Producto A).

En este sentido, se ha observado una gran variabilidad de los resultados encontrados en la bibliografía, por lo que se sugiere realizar mayor número de ensayos dándole priorizando las condiciones del suelo, las características del agua de riego y complementando con mediciones en laboratorio constatando el correcto desarrollo de las raíces y de los microorganismos para optimizar la absorción de nutrientes.

La clara tendencia del avance de los conocimientos hacia el desarrollo de insumos con base sostenible y biológica, permitirá que la agricultura se acerque cada vez más a satisfacer las necesidades y exigencias de la sociedad de una producción sustentable de alimentos nutritivos y sanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Argerich, C. & Troilo, L. (Eds.). 2011. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate. INTA. FAO. Buenos Aires. 262 pp.
- Boiardi, Daniela 2022. Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) Tesis de Grado, 39 pp. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/143527>
- Corbino, G.B. 2011. Las propiedades funcionales del tomate (*Lycopersicon esculentum*, L.). E.E.A. San Pedro. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/las-propiedades-funcionales-del-tomate-lycopersicon-esculentum-l>.
- Dirección de Producción Agrícola. 2020. La Producción de Tomate en Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/produccion-tomate-argentinadiciembre-2020.pdf>
- Du Jardin, P. 2015. Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, categorías principales y regulación. Unidad de Biología Vegetal, Universidad de Lieja, Bélgica. Página 1. Visitado por última vez: 2/8/24
- Escobar, H. & Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 180 pp
- FAO, I. 2016. WFP (2015), the State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Food and Agriculture Organization Publications, Rome. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>. Visitado por última vez: 5/11/2024
- FAOSTAT, 2019. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>. Fecha consulta: 5-11-24
- Fishel, F. M.; Dale, A. G.; Klein, A.W. 2022. Pesticide Injection and Drenching. Ifas Extension University of Florida doi.org/10.32473/edis-pi274-2022, 5 pp.
- Frezza, D. 2018. Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). En: Hortalizas. Ecofisiología, tecnología de producción y poscosecha. Parte I. Chiesa, A. & Frezza, D. (Eds.), Hemisferio Sur, Buenos Aires, pp: 229-260.
- He, Y.; Pantigoso, H. A.; Wu, Z.; Vivanco, J. M. 2019. Co-inoculation of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas putida* at different development stages acts as a

- biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of tomato. *Journal of Applied Microbiology* 127: 196-207
- INTAGRI. 2017. La Rizósfera de los Cultivos: la Clave Oculta para el Rendimiento Sostenible de la Agricultura. Serie Suelos Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-rizosfera-de-los-cultivos-la-claveoculta-para-el-rendimiento> en Boiardi 2022
- Lenscak, M. & Iglesias, N. (Comp.) 2019. Invernaderos. Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54). Ediciones INTA. Buenos Aires. 234 pp.
- Lorenzo, M. G.; Filippini, M.F.; Lipinski, V.; Zuluaga, S. 2015 Efecto de la aplicación de un promotor radical en la biota del suelo, el crecimiento y la producción del cultivo de tomate para industria. Actas del V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. ISBN: 978-950-34-1265-7 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52154>
- Martínez, S.; Chale, W.; Nico, A.; Del Pino, M; Granitto, G.; Scelzo, L.; Vanina, A.; Castro, A.; Peñalalba, J.; Barrenechea, M. (2022) Cultivo y manejo de tomate (*Solanum lycopersicon*. L) Curso de Horticultura y Floricultura, FCAYF, UNLP. Visitado por última vez: 2/8/24
- MCBA. 2015. Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/sites/default/files/docs/fichatecnica-tomate-2015.pdf>.
- Medina, R.; Franco, M. E.E.; López, S. M. Y.; Balatti, P. A. Saparrat M.C.N. 2015. REPORTE TECNICO: Evaluación de Regalia (extracto de *Reynoutria sachalinensis*) como biofungicida aplicado en cultivo de tomate. <http://hdl.handle.net/11746/8249>
- Ministerio de Agroindustria. 2016. Perfil de tomate. Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/hortalizas/_archivos/000030_Informes/000997_Perfil%20de%20tomate%202016.pdf.
- Miranda, M. 2017. Superficie de cultivo bajo cubierta en el Gran La Plata, análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica – SIG. En: Periurbanos

- hacia el consenso. Resúmenes cortos. Libro 2. Tittone, P. & Giobellina, B. (Eds.), Ediciones INTA, Buenos Aires, p: 75.
- Pinzón Ramírez, H. 2012. Manual para el cultivo de hortalizas (editor). Disponible en:
<https://books.google.com.ar/books?id=VJfGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=it#v=o ne page&q&f=false>. Visitado por última vez: 2/11/24
- Reyes-Pérez, J.J.; Enríquez-Acosta, E.A.; Murillo-Amador B.; Ramírez-Arrebato, MA.; Rodríguez-Pedroso, A.T. 2018. Physiological, phenological and productive responses of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants treated with QuitoMax. Ciencia e Investigación Agraria, 45(2):120-127. www.rcia.uc.cl
- Rolleri, J.; Stocco, M.C.; Moya, P.; Mónaco, C. I. 2021. Posibilidades del uso de *Trichoderma harzianum* en el biocontrol del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate
- SAGyP, 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Resolución 77/2006 <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/110000-114999/114147/norma.htm> Fecha consulta: 5-11-24
- Saino, J. 2020. Evaluación de bacterias promotoras del crecimiento en tomate. Tesis de grado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Buenos Aires. 31 pp.
- SENASA. 2020. Bioinsumo según SENASA. Disponible en: <https://www.agribio.com.ar/noticias/que-es-un-bio-insumo-para-el-senasa>
- Symborg 2024. Productos bioestimulantes. Disponible en: <https://symborg.com/es/bioestimulantes/#:~:text=Los%20bioestimulantes%20agr%C3%ADcolas%20act%C3%BAan%20sobre,la%20productividad%20de%20las%20cosechas>. Visitado por última vez: 16/08/24
- Vio, S.; Galar, M. L.; Martínez, SB.; Garbi, M.; Polack, A; Lodeiro, A. R.; Balatti, P. A.; Luna, M. F. 2017. Efecto de inoculantes bacterianos sobre la producción de frutos en tomate. Agrotecnia 25. REBIOS 2017. XI Reunión Nacional Científico-Técnica de Biología de Suelos- Corrientes (Argentina)
- Viteri, M.L.; Ghezán, G. & Iglesias, D. 2013. Tomate y lechuga: producción, comercialización y consumo. Estudio socioeconómico de los sistemas

agroalimentarios y agroindustriales N° 14. Disponible en:
[http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp
inta_tomateylechuga_2013_viteri.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp_inta_tomateylechuga_2013_viteri.pdf). Visitado por última vez: 2/11/24