



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y
TECNOLOGÍAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

ESTUDIO DE CASO

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

TEMA

**“UTILIZACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA
EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)”**

AUTORA

ANTONELLA ISABEL DELGADO GUANO

TUTOR

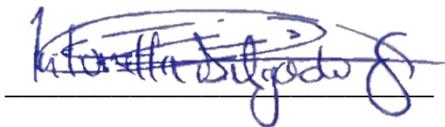
ING. GEORGE GARCÍA MERA

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2025(1)

DECLARACION DE AUTORIA

Yo Antonella Isabel Delgado Guano con número de cedula 085007994-8 perteneciente a la Facultad de Tecnología de la Vida estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro ser autora principal de mi trabajo de titulación de modalidad de carácter complexivo, el cual tiene como tema de estudio: "Utilización de microorganismo eficientes para el mejoramiento de la productividad en el cultivo de tomate".



Firma del Estudiante

CI. 085007994-8

CERTIFICACION DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación de Examen Complexivo, bajo la autoría de la estudiante Delgado Guano Antonella Isabel, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 400 de la horas, bajo la opción de titulación de Examen de grado de carácter Complexivo, cuyo tema del proyecto o núcleo problemático es "Utilización de microorganismos eficientes para el mejoramiento de la productividad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de septiembre de 2025.

Docente Tutor

AGRADECIMIENTO

Primero y ante todo, agradezco a Dios por permitirme vivir estos momentos especiales con buena salud y junto a las personas que más amo. Le agradezco por la fortaleza, paciencia y perseverancia que me ha brindado durante este difícil proceso de alcanzar una meta más en el camino de mi vida.

De manera muy especial y desde el fondo de mi corazón, agradezco a mis queridos padres, quienes con esfuerzo, amor y humildad me inculcaron valores y me proporcionaron una educación que me ha guiado por el buen camino, convirtiéndome en la persona que soy hoy. Gracias por su apoyo incondicional, que ha sido un pilar fundamental a lo largo de mi carrera universitaria y en la vida.

Agradezco también a los excelentes docentes de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías por compartir sus conocimientos durante mi formación, permitiéndome convertirme en un gran profesional.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, quien ha sido mi guía constante y siempre me ha dado la fuerza para luchar por mis sueños.

A mi familia, cuyo apoyo incondicional y confianza me han inspirado a llegar hasta donde estoy ahora.

A mis hijas, dedico este trabajo, porque no hay amor más puro y verdadero que el de una familia.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA	1
II. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
III. JUSTIFICACIÓN	6
IV. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	7
4.1. Objetivo General	7
4.2. Objetivos Específicos.....	7
V. METODOLOGÍA.....	7
5.1. Técnica de investigación.....	7
5.2. Estrategias de búsqueda.....	8
5.3. Criterios de inclusión y exclusión	8
VI. MARCO TEÓRICO	10
6.1. Origen y distribución del tomate	10
6.2. Producción de tomate en Ecuador e importancia económica	11
6.3. Taxonomía y botánica del tomate.....	12
6.4. Definición de microorganismos eficientes (EM)	14
6.5. Tipos de microorganismos eficientes	15
6.6. Importancia del uso de microorganismos eficientes en la agricultura	16
7.1. Selección de estudios	18
7.2. Características de los estudios incluidos.....	18
7.2.1. Año de publicidad.....	18
7.2.2. Tipo de estudio	19

7.3. Análisis de resultados	19
7.3.1. Principales microorganismos eficientes utilizados en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).	19
7.3.2. Mecanismos directos e indirectos de acción de los microorganismos eficientes.	21
7.3.3. Efectos de la aplicación de microorganismos eficientes en las variables productivas del cultivo de tomate.	23
7.3.4. Comparación de la efectividad de diferentes microorganismos eficientes en la mejora de la productividad y la resistencia a enfermedades en el cultivo de tomate.	25
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
8.2. Recomendaciones.....	26
BIBLIOGRAFÍA	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión del presente estudio	8
Tabla 2. Taxonomía del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	12
Tabla 3. Microorganismos y rizobacterias identificados en la rizosfera del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) y sus efectos.	20
Tabla 4. Efectos de la aplicación de microorganismos eficientes en las variables productivas del cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prisma de selección de documentos	9
Figura 2. Material informativo consultado durante la búsqueda.	18
Figura 3. Número de publicaciones por año.....	19
Figura 4. Tipos de estudios	19
Figura 5. Mecanismo de acción de EM	22

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) es de vital importancia para la agricultura y economía de una región por su alta demanda y valor nutritivo. No obstante, su productividad y resistencia a diferentes enfermedades pueden ser afectadas por diversos factores bióticos y abióticos. El presente estudio se analizó el efecto que la aplicación de microorganismos eficientes (ME) tiene en la productividad y en la resistencia de cultivo. Se realizó una revisión documental de los estudios publicados entre los años 2019 y 2025 en los que se utilizaban los principales microorganismos, sus mecanismos de acción y sus efectos sobre variables productivas y sanitarias del cultivo. Los resultados evidencian que géneros como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. contribuyendo de manera significativa al crecimiento y rendimiento, incrementando en algunos casos la producción en 25%. Igualmente, *Trichoderma* spp. mostró alta efectividad en el control de enfermedades fúngicas, reduciendo la incidencia de que estos patógenos afecten en un 70%. Asimismo, diversos ME en su combinación potencializan los beneficios, fomentando un mejor manejo del cultivo, concluyendo que sus alcances son altamente beneficiosos en la agricultura.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, microorganismos eficientes, productividad, biocontrol.

ABSTRACT

The cultivation of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) is of vital importance for the agriculture and economy of a region due to its high demand and nutritional value. However, their productivity and resistance to different diseases can be affected by various biotic and abiotic factors. The present study analyzed the effect that the application of efficient microorganisms (EM) has on productivity and crop resistance. A documentary review of the studies published between 2019 and 2025 was carried out in which the main microorganisms, their mechanisms of action and their effects on crop production and health variables were used. The results show that genera such as *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. contribute significantly to growth and yield, in some cases increasing production by 25%. Likewise, *Trichoderma* spp. showed high effectiveness in the control of fungal diseases, reducing the incidence of these pathogens affecting by 70%. Likewise, various EMs in their combination enhance the benefits, promoting better crop management, concluding that their scope is highly beneficial in agriculture.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, efficient microorganisms, productivity, biocontrol.

I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

Los microorganismos eficientes (ME) son un conjunto de microorganismos benéficos que incluyen bacterias, levaduras y hongos, los cuales interactúan positivamente con las plantas para mejorar su crecimiento, fertilidad del suelo y resistencia a plagas. Estos microorganismos, al colonizar las raíces de las plantas, promueven la fijación de nitrógeno, aumentan la disponibilidad de nutrientes y producen hormonas de crecimiento vegetal (Crespo et al. 2025).

La aplicación de ME en sistemas agrícolas ha mostrado un impacto positivo en la reducción del uso de fertilizantes sintéticos mientras avanza hacia prácticas agrícolas más sostenibles y ecológicas que mejoran la salud del suelo y el bienestar de las plantas (Adedayo et al. 2022). En Ecuador, el cultivo de tomate es uno de los más importantes dentro de la producción agrícola, con un impacto significativo en la economía del país. En 2024, la producción nacional de tomate alcanzó aproximadamente 62,000 toneladas, lo cual se obtuvo de una superficie cultivada de 3,000 hectáreas, destacándose la provincia de Carchi, que contribuyó con el 60.7% de la producción total, equivalente a 0.1 millones de toneladas (ESPAC 2023).

Adedayo et al. (2022) indicaron que la aplicación de bacterias rizófitas promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de tomate, no solo mejora el crecimiento vegetativo de las plantas, sino también hace que las plantas sean más resistentes al estrés biótico y abiótico y a las enfermedades. Ejemplo con la inoculación de rizobacterias como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* incrementa el tamaño de los frutos y la biomasa de las plantas en comparación con los controles no inoculados.

Crespo et al. (2025) señalan que las plantas inoculadas presentaron una mejor absorción de nutrientes y una menor incidencia de enfermedades como la marchitez por *Fusarium*, lo que contribuyó a una mayor productividad. Estos resultados resaltan la eficacia de las rizobacterias para mejorar el crecimiento y

la salud de las plantas, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos y favoreciendo una agricultura más sostenible.

Bhardwaj et al. (2023) estudiaron el efecto de bacterias obtenidas del compost de residuos urbanos sobre el crecimiento de plantas de tomate y encontraron que *Bacillus cereus* y *Lactobacillus plantarum* fueron las cepas más efectivas, además que las plantas tratadas con estas bacterias crecieron más que las de los grupos de control y también mostraron un aumento importante en la producción, con un promedio de 1,8 kg de frutos por planta, frente a los 1,2 kg obtenidos en las plantas no tratadas.

Ferral et al. (2020) evaluaron el uso de microorganismos eficientes autóctonos, como *Bacillus amyloliquefaciens* y *Streptomyces griseus*, en el manejo de *Meloidogyne incognita*, un nematodo que afecta gravemente el cultivo de tomate. Los resultados de este estudio demostraron que la inoculación con estos microorganismos redujo significativamente la población de nematodos en el suelo, lo que resultó en una mejora notable en la salud de las plantas. En comparación con las plantas no tratadas, las plantas que fueron tratadas mostraron un crecimiento más vigoroso y una mayor producción de frutos. Esto refuerza la utilidad de los microorganismos indígenas para el control de plagas en condiciones locales.

En el estudio realizado, Torres et al. (2022) investigan el impacto de los microorganismos de montaña como *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium leguminosarum* en el cultivo de tomate en Ecuador. Demostraron que la inoculación con estos microorganismos llevó a una mayor producción de tomates y a la mejora de la calidad del suelo. Los resultados mostraron que los microorganismos de montaña mejoraron la resistencia de las plantas a las plagas y aumentaron la capacidad de las plantas para absorber nutrientes del suelo, aumentando así la productividad y sostenibilidad de los cultivos de tomate.

Carrillo et al. (2020) estudiaron el efecto de un inóculo microbiano formado por *Trichoderma harzianum* y *Bacillus thuringiensis* en el crecimiento de plantas de

tomate. Los autores encontraron que las plantas inoculadas alcanzaron 95 cm de altura y produjeron 20 frutos cada una, en comparación con 80 cm de altura y 14 frutos por planta en las plantas no tratadas, determinando que el grupo de control y el grupo no tratado, el peso total de frutas por planta aumentó a 2,5 kg en comparación con 1,7 kg.

En un estudio relacionado, Borodai et al. (2022) inocularon *Solanum lycopersicum* con *Pseudomonas putida* y *Bacillus subtilis*. Estas plantas promediaron 93 cm de altura y produjeron 19 frutos cada una, mientras que las plantas no tratadas alcanzaron 80 cm de altura y produjeron 14 frutos. Los frutos inoculados pesaron 2.4 kg por planta, mientras que las plantas no inoculadas solo alcanzaron 1.8 kg, concluyendo que estos EM pueden mejorar sustancialmente el crecimiento, la calidad y el rendimiento en el cultivo de tomate.

II. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de tomate enfrenta numerosos desafíos, incluida la alta demanda de fertilizantes agrícolas y químicos. En muchos casos, estos fertilizantes, que son bastante efectivos para aumentar la producción a corto plazo, son costosos y están fuera del alcance de los pequeños agricultores. Si bien estos fertilizantes son económicamente rentables para mejorar la productividad, plantean desafíos ambientales a largo plazo. Su sobredependencia conduce a la contaminación ambiental y daño a los ecosistemas de agua dulce y microbiota del suelo, lo que puede causar una dependencia de estos subsidios químicos (Calero et al., 2020).

De manera similar, las ventajas a corto plazo de la fertilización sintética han llevado a una búsqueda más intensiva de agroquímicos y han creado un impacto más negativo en el medio ambiente. Los fertilizantes sintéticos no apoyan una atmósfera estable y conducen al cambio climático, la contaminación química y la degradación del suelo con el medio ambiente. Estas prácticas no solo son insostenibles; también dañan la salud pública de la población, lo que aumenta la posibilidad de enfermedades para los consumidores y trabajadores del campo debido al manejo y la exposición a estos químicos (Crespo et al., 2025).

Cabe mencionar que, a pesar de los avances recientes, las investigaciones actuales no proporcionan suficiente información detallada sobre cómo estos microorganismos interactúan con diferentes condiciones del suelo y de cultivo, lo que impide su adopción masiva. La identificación de las cepas más eficaces y su aplicación práctica en el cultivo de tomate sigue siendo una tarea pendiente en la agricultura sostenible (Saffan et al., 2022).

De igual forma, el costo elevado de los insumos agrícolas y su impacto ambiental ha impulsado la búsqueda de soluciones alternativas que sean económicamente viables y que, al mismo tiempo, respeten los principios de la agricultura ecológica. El uso de microorganismos eficientes ha emergido como una opción prometedora, ya que estos no solo mejoran la calidad del suelo, sino que también pueden aumentar el rendimiento del cultivo de manera sostenible y menos

costosa a largo plazo. Sin embargo, la transición hacia este tipo de prácticas requiere más estudios y una mejor difusión de los resultados obtenidos en investigaciones previas.

Por ello el presente trabajo responde a la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuáles son los microorganismos eficientes más efectivos para maximizar el rendimiento y mejorar la resistencia a patógenos en el cultivo de tomate?.

III. JUSTIFICACIÓN

Los microorganismos eficientes son la respuesta a los problemas actuales en la agricultura mencionados previamente, tales como el alto costo de los fertilizantes sintéticos, la contaminación ambiental y la disminución de la biodiversidad del suelo. Los microorganismos como las rizobacterias y los biofertilizantes, son una solución sostenible que puede promover el crecimiento de las plantas de manera más ecológica y económica (Saffan et al., 2022). Estos microorganismos actúan mejorando la absorción de nutrientes, incrementando la resistencia de las plantas a enfermedades y favoreciendo la salud general del suelo (Hernández et al. 2024), lo que se traduce en un aumento significativo en el rendimiento de los cultivos

Asimismo, los microorganismos eficientes ofrecen múltiples aplicaciones que van más allá de la mejora de la productividad, ya que también permiten la regeneración y conservación del medio ambiente. Tanya y Leiva (2020) demostraron que el uso de biofertilizantes derivados de microorganismos permitió la producción de tomate en condiciones de riego con baja calidad de agua, lo que podría ser crucial para regiones con escasez de recursos hídricos. Estos microorganismos ayudan a mantener la salud del suelo y la biodiversidad al promover la descomposición de materia orgánica y la fijación de nitrógeno, elementos esenciales para el crecimiento de las plantas (Tommonaro et al. 2021).

Este enfoque visto a través de la seguridad alimentaria, también mejora la resiliencia de las comunidades agrícolas, ya que mejora el acceso a tecnología agrícola que es más asequible y sostenible. Además, amplía el alcance de la investigación que se puede realizar para el desarrollo de nuevas cepas de microorganismos y su uso en suelos y climas diversos. A pesar de los avances que se han realizado, aún existe una brecha de investigación significativa sobre las mejores prácticas y microorganismos necesarios para aumentar los rendimientos de cultivos específicos como los tomates. Por ello el presente estudio tiene como objetivo analizar el uso de microorganismos eficientes para

el mejoramiento de la productividad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).

IV. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Objetivo General

- Realizar una revisión de literatura sobre la utilización de microorganismos eficientes para el mejoramiento de la productividad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los principales microorganismos eficientes utilizados en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).
- Describir los mecanismos directos e indirectos de acción de los microorganismos eficientes.
- Determinar los efectos de la aplicación de microorganismos eficientes en las variables productivas del cultivo de tomate.
- Comparar la efectividad de diferentes microorganismos eficientes en la mejora de la productividad y la resistencia a enfermedades en el cultivo de tomate.

V. METODOLOGÍA

5.1. Técnica de investigación

La técnica de investigación empleada en este estudio consistió en utilizar un análisis cualitativo. Para ello, se llevó a cabo un examen exhaustivo de la literatura relevante y el material de investigación relacionado con el tema. La investigación cualitativa se caracteriza por un enfoque holístico en el que el investigador se esfuerza por investigar exhaustivamente el problema de investigación desde múltiples ángulos (Calle 2016). Este enfoque tuvo como

objetivo proporcionar una comprensión completa y clara del problema en cuestión.

5.2. Estrategias de búsqueda

Se hizo la revisión de literatura mediante el uso de tesauros, conectores lógicos y filtros de búsqueda avanzada, así mismo se obtendrá más información disponible en plataformas de bases de datos digitales como: *ScienceDirect*, *Scielo*, *IEEE Xplore*, *Elsevier*, *MDPI*, etc, siendo revistas científicas en diferentes idiomas, incluidos inglés, portugués y español, y por último se consideró información de tesis en caso de existir limitación de artículos.

5.3. Criterios de inclusión y exclusión

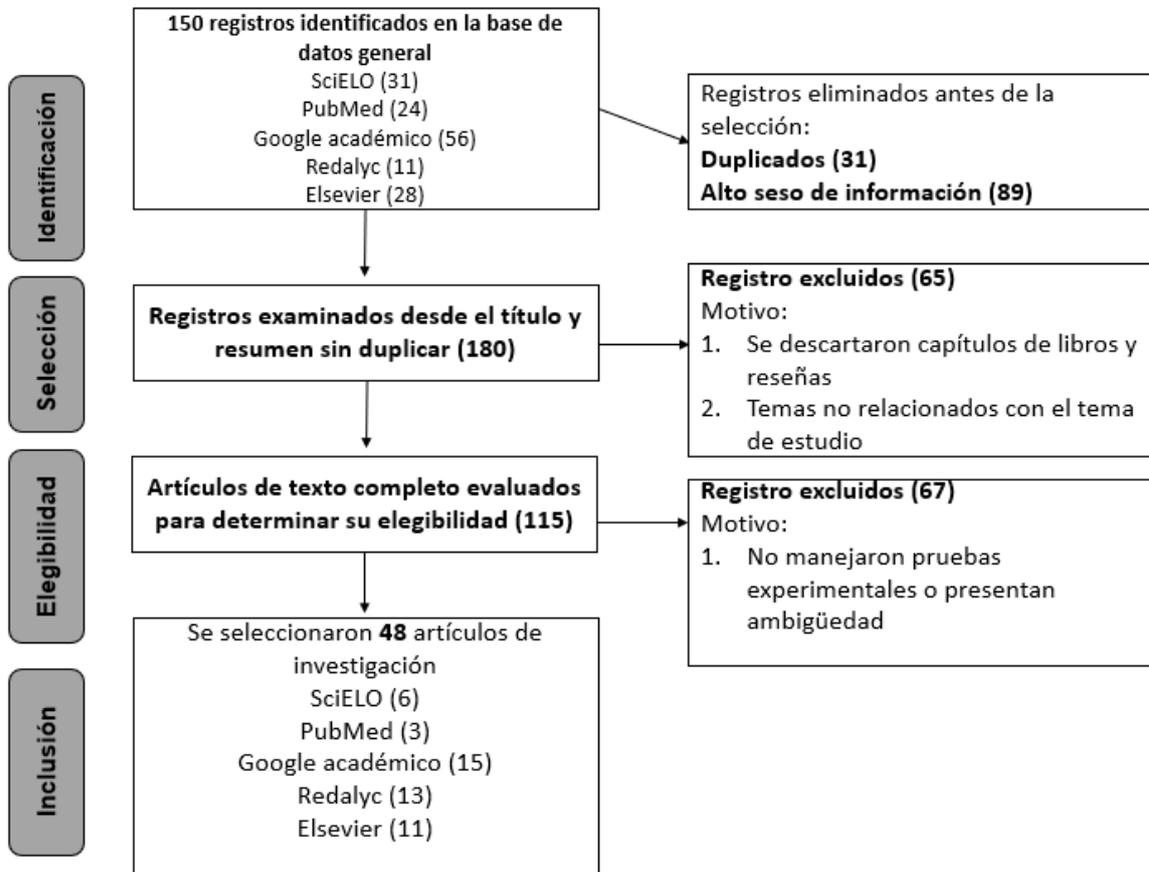
Se aplicarán criterios de inclusión y exclusión como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión del presente estudio

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios publicados entre 2019 y 2025	Estudios publicados antes de 2019
Estudios disponibles en inglés, portugués o español	Estudios publicados en idiomas distintos al inglés, portugués o español
Estudios que hayan validado su investigación con métodos experimentales	Estudios que no hayan validado su investigación con métodos experimentales (revisiones)
Estudios publicados en plataformas de alto rigor científico, principalmente revistas	Estudios que no han sido publicados en plataformas de alto rigor científico
Estudios publicados en plataformas agrícolas, pecuarias o ambientales	Estudios publicados en plataformas que no son agrícolas, pecuarias o ambientales

Además, se aplicó el flujograma o prisma de inclusión de documentos para hacer una correcta inclusión de información, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Prisma de selección de documentos



VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Origen y distribución del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), miembro de la familia *Solanaceae*, es una especie mundial presente en una amplia variedad de hábitats, asociados a diferentes condiciones de clima y suelo, en donde México y Perú son considerados como los posibles centros de origen, diversificación y domesticación de esta especie (Ramírez et al. 2022).

En efecto, el proceso de domesticación del tomate implicó dos transiciones, la primera en Sudamérica, que involucró la derivación de la especie parcialmente domesticada *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) DM Spooner, GJ Anderson & RK Jansen a partir de la especie silvestre *Solanum pimpinellifolium* L, por su parte, la segunda transición ocurrió en Mesoamérica a partir de SLC, que dio origen a la especie completamente domesticada *S. lycopersicum* var. como una especie con frutos de mayor tamaño (Délices et al. 2020).

Cabe mencionar que, México fue el centro de diversificación y la zona más importante en cuanto a domesticación la cual surgió por primera vez hace más de 2.500 años, sin embargo, al igual que otros cultivos de gran éxito comercial a nivel mundial, el tomate ha perdido variabilidad genética durante el proceso de domesticación, especialmente para el mejoramiento genético y el desarrollo de nuevas variedades comerciales con adaptación y tolerancia a factores abióticos adversos y patógenos en pre y poscosecha (Liu et al. 2022).

En cuanto a su distribución, tras la llegada de los españoles a América en el siglo XVI, el tomate fue llevado a Europa, donde al principio fue visto con recelo, ya que se pensaba que podía ser venenoso por su parentesco con plantas como la belladona. Con el tiempo, se popularizó en países como Italia, España y Francia, y luego se difundió por todo el mundo, de hecho, actualmente, el tomate es cultivado en todos los continentes (excepto en la Antártida) y es uno de los cultivos hortícolas más importantes del mundo (Canul et al. 2023).

6.2. Producción de tomate en Ecuador e importancia económica

En Ecuador, la producción de tomate es un cultivo hortícola importante, con una notable superficie cultivada y rendimientos sustanciales, las áreas clave de producción incluyen las provincias de Cañar, Imbabura, Cotopaxi, Carchi, Tungurahua, Azuay y Chimborazo, donde Chimborazo contribuye con un importante 40% de la producción total, cabe mencionar que, también se cultiva en la costa, con Santa Elena siendo una provincia destacada (Suazo et al. 2023).

En el país se cultivan alrededor de 3 000 ha de tomate de mesa, generando una producción anual de aproximadamente 62 000 toneladas, lo cual el rendimiento promedio del tomate riñón en invernadero es de 33,5 t/ha, con una producción nacional estimada en 55 000 toneladas anuales, haciendo un énfasis creciente en la producción orgánica de tomate riñón en provincias como Chimborazo, donde se obtienen más de 230 000 kg/año vendidos a supermercados con certificación (Mendoza et al. 2023).

En efecto, en el Ecuador el cultivo de tomate de mesa bajo invernadero, es de gran importancia en la Sierra central, especialmente en varias zonas de la provincia de Tungurahua, se encuentra 60 % de la producción, de hecho, según el III Censo Nacional Agropecuario (CNA), la superficie total sembrada fue 3054 ha, la producción de tomate en Ecuador se realiza en climas cálido - templado, con temperatura que oscilan entre 23-26 °C, humedad relativa 50-60 %, además se han desarrollado variedades con cualidades especiales como simetría, color, sabor y resistencia a enfermedades (Mayén et al. 2023).

Respecto a, la provincia de Manabí según la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC) en al año 2016, se siembra 122 ha de cultivo de tomate, con una producción de 1391 t, donde se emplea tanto sistemas de cultivo al aire libre como técnicas de protección parcial (sombra o invernaderos), por lo que se hace un hincapié que es necesario fomentar el uso de variedades e

híbridos de alto rendimiento, para mejorar la producción por unidad de superficie (Rodríguez y Vargas 2022).

6.3. Taxonomía y botánica del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L), es una especie de planta con flores de la familia de las solanáceas, Solanaceae, siendo una planta diploide originaria de Sudamérica, cuya domesticación se produjo en México, dentro de la familia de las solanáceas, es el segundo cultivo hortícola de mayor importancia económica a nivel mundial (Maldonado et al. 2024).

Espinosa et al (2025) mencionan que, el tomate es la única especie domesticada dentro de la sección *Solanum lycopersicum*, cuya sección *Lycopersicon* del género *Solanum* contiene 13 subespecies: el tomate cultivado, *S. lycopersicum* y 12 especies silvestres, debido a la domesticación ha provocado una reducción de la diversidad genética en comparación con sus parientes silvestres, donde se estiman que varios factores probablemente contribuyeron a esto, como la migración fuera del área de origen, la selección de genes para obtener un alto número de frutos bajo autofecundación.

A continuación, en la siguiente tabla se describe la taxonomía del tomate:

Tabla 2. Taxonomía del tomate (*Solanum lycopersicum*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicon</i>
N. científico	<i>Solanum lycopersicum</i>

Fuente: (Hernández et al. 2024).

Méndez et al. (2023) hacen énfasis que, el tomate es considerado una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y anual, con flores de la familia de las solanáceas ampliamente cultivada y consumida como verdura, a continuación, se dará a conocer la morfología de la planta:

Tallo: Es de forma cilíndrica, carnosos y frágil cuando está joven, pero con el tiempo se endurece y se vuelve algo leñoso en la base. Tiene pelitos (tricomas) que pueden ser glandulares o no glandulares, cubriendo la superficie. El tallo principal suele medir entre 2 y 4 cm de grosor en la base, y de él salen hojas, ramas secundarias e inflorescencias. Una característica interesante es que puede formar raíces cuando entra en contacto con el suelo, lo que ayuda a dar más firmeza a la planta, algo muy útil en labores agrícolas como el aporque.

- **Raíz:** Cuenta con una raíz principal (pivotante) de la que salen muchas raíces secundarias. Si el suelo lo permite, puede llegar a una profundidad de hasta 1,5 metros. En la parte externa está la epidermis, con pelitos absorbentes que toman agua y nutrientes; luego está el córtex y, más al centro, el cilindro central donde se encuentra el xilema.
- **Hojas:** Son compuestas y de tipo pinnado, con folíolos de bordes irregulares y de color verde intenso, las cuales crecen alternadas sobre el tallo y tienen un aroma característico cuando se frota. Normalmente presentan entre siete y nueve folíolos, que suelen tener pecíolo, estar lobulados, con bordes dentados y recubiertos de pelitos glandulares.
- **Flores:** Son hermafroditas, regulares e hipóginas, las cuales tienen cinco o más sépalos, seis o más pétalos, y un pistilo rodeado por cinco estambres cuyas anteras están unidas formando un tubo. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados, que aparecen en el tallo y ramas, en el lado opuesto de las hojas. Además, un racimo puede tener entre 4 y 20 flores, aunque en variedades de fruto pequeño, como el tomate cherry, pueden llegar a 40 por inflorescencia, de color amarillas y de tamaño pequeño, de 1 a 2 cm de diámetro.

- **Fruto:** Es una baya cuyo tamaño, forma, color, consistencia y composición varían según la variedad. Está formado por la piel o epidermis, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Generalmente madura de manera uniforme, aunque algunas variedades presentan "hombros verdes" por causas genéticas.

6.4. Definición de microorganismos eficientes (EM)

Microorganismos Eficientes (ME) son definidos como comunidades microbianas mixtas, compuestas por cepas seleccionadas de bacterias, levaduras y otros microorganismos aeróbicos y anaeróbicos facultativos, que al aplicarse en suelos, aguas o residuos orgánicos, regeneran el ambiente microbiano, suprimen microorganismos patógenos y estimulan procesos de descomposición y fertilidad natural (Ortiz y Sansinenea 2022).

Además, el término "Microorganismos Eficientes" (ME) o "Effective Microorganisms" (EM) tiene su origen en Japón, en la década de 1980, por el doctor Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus, quien desarrolló este concepto a partir de sus investigaciones sobre mezclas de microorganismos que mejoran la fertilidad del suelo (Chen et al. 2024).

Los EM pueden utilizarse como inóculos para potenciar la diversidad microbiana de un ecosistema edáfico, en efecto, un microorganismo eficiente se presenta como concentrado líquido y se elabora mediante un proceso de fermentación natural; no se altera química ni genéticamente, diversos microbios beneficiosos de origen natural, presentes principalmente en alimentos o utilizados para su consumo, se combinan para formar un EM (Aguilar et al. 2024).

De hecho, son una herramienta valiosa para promover la salud del suelo, la producción de cultivos y la sostenibilidad ambiental, al aprovechar el poder de la diversidad microbiana beneficiosa, debido a que estos aportan un nuevo nivel de optimización a mejores estrategias de gestión de suelos y cultivos, como la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos, la labranza de conservación, el reciclaje de residuos de cultivos y el biocontrol de plagas. Si se

aplican adecuadamente, estos microorganismos beneficiosos pueden aumentar considerablemente los resultados positivos de estas técnicas (Ríos et al. 2025).

Los tipos de Microorganismos Eficientes generalmente se componen de bacterias como las ácido lácticas (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactis*), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*), y bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter spaeroides*), que se utilizan para mejorar la salud del suelo y promover el crecimiento de las plantas; no obstante, es importante acotar que los principales componentes del EM son las bacterias lácticas, las levaduras y las bacterias fotosintéticas (Jalal et al. 2023).

6.5. Tipos de microorganismos eficientes

Los EM están compuestos por diferentes grupos de microorganismos benéficos que trabajan en conjunto para regenerar ambientes naturales, mejorar suelos y promover procesos de fermentación y se clasifican en los siguientes tipos que son ácido lácticas, levaduras y bacterias fotosintéticas (Sawicka et al. 2023).

De hecho, las bacterias que realizan la fotosíntesis son criaturas autónomas y autosuficientes. Los exudados de los sistemas radiculares, las fracciones orgánicas del suelo y gases como el amoníaco se convierten en componentes celulares utilizando la energía obtenida del sol y el calor del suelo., algunos de estos pueden ser absorbidos directamente por las plantas, lo que promueve su desarrollo y apoya el crecimiento y establecimiento de otros microorganismos fotosintéticos en el sistema edáfico; aminoácidos, polisacáridos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares que se encuentran entre las valiosas moléculas creadas por las bacterias fotosintéticas (Gallardo et al. 2023).

Las bacterias del ácido láctico utilizan azúcares y otros carbohidratos de la materia orgánica, incluyendo bacterias fotosintéticas y levaduras, para producir ácido láctico, este ácido suprime gérmenes peligrosos como *Fusarium* y acelera la degradación de materiales orgánicos, debido a sus propiedades esterilizantes, el ácido láctico inhibe el crecimiento de la población de nematodos y proporciona

protección contra enfermedades de las plantas provocadas por nematodos en el suelo, además, la digestión del suelo de compuestos orgánicos lignificados y celulolíticos es ayudada por las bacterias del ácido láctico que se encuentran en EM (Torres et al. 2024).

Por su parte, las levaduras presentes en los EM liberan hormonas y enzimas que promueven la división celular y radicular de las plantas. Al utilizar los azúcares y aminoácidos liberados por las raíces y las bacterias fotosintéticas, crean factores de crecimiento para las bacterias lácticas, a partir de los aminoácidos y azúcares liberados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces, las levaduras producen sustancias químicas beneficiosas necesarias para el crecimiento vegetal, la levadura produce compuestos bioactivos que promueven una vigorosa división celular y radicular, incluyendo hormonas y enzimas (Sarti et al. 2025).

6.6. Importancia del uso de microorganismos eficientes en la agricultura

El uso de Microorganismos Eficientes (EM) en la agricultura se ha consolidado como una estrategia fundamental para promover la sostenibilidad, la productividad y la salud de los ecosistemas agrícolas. Estos consorcios microbianos, al mejorar la estructura y la fertilidad del suelo, favorecen el desarrollo de las plantas y reducen la dependencia de insumos químicos, generando sistemas de producción más resilientes y menos contaminantes (Antoszewski et al. 2022).

Además, se ha comprobado que estos microorganismos incrementan la biomasa y los parámetros productivos de las plantas, lo que se traduce en cosechas más abundantes y de mejor calidad (Alarcón et al. 2020). Este beneficio no solo se refleja en la cantidad de producción, sino también en la calidad de los frutos, los cuales presentan mejores características organolépticas y nutricionales.

Por otro lado, los EM juegan un rol importante en el control biológico de enfermedades y plagas, al generar un ambiente desfavorable para el desarrollo

de microorganismos patógenos en el suelo y sobre las plantas. Según Borodai et al. (2022), el uso de microorganismos eficaces (EM) como aditivos potencia su acción frente a patógenos como *Fusarium* spp. y *Pythium* spp., logrando reducir la incidencia de estas enfermedades. Este efecto es especialmente relevante en la agricultura actual, donde resulta cada vez más urgente disminuir el empleo de pesticidas y fertilizantes debido a los riesgos que representan para la salud y el medio ambiente.

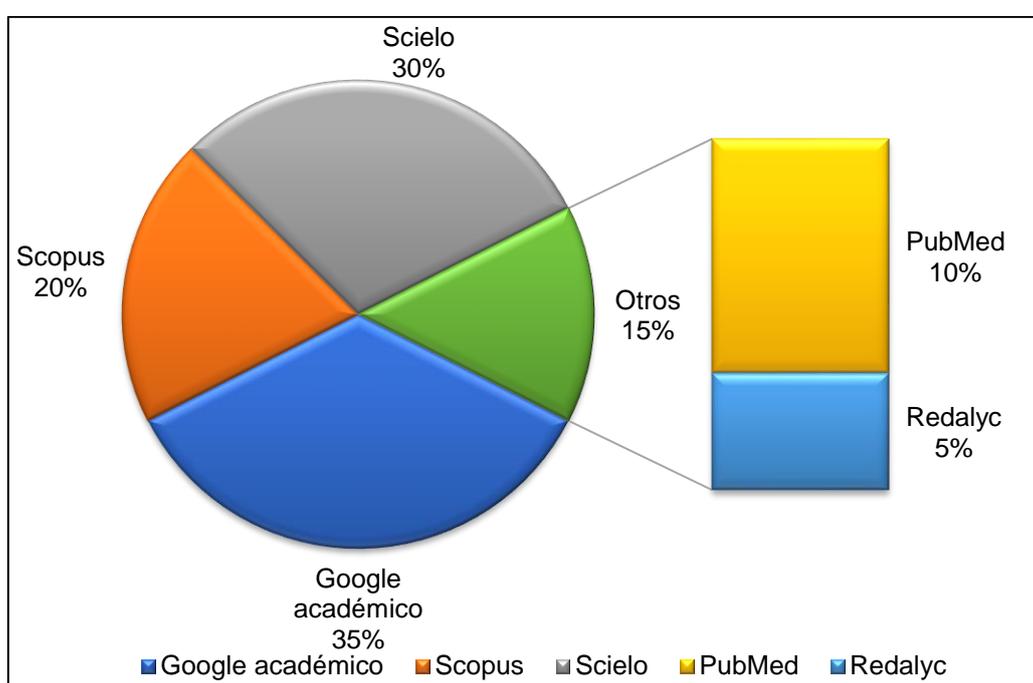
Cabe mencionar que los EM también mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola al mejorar la salud general del suelo. Esta integración apoya la agricultura regenerativa al restaurar suelos degradados mientras garantiza una productividad sostenible a lo largo del tiempo. EM, junto con otros métodos de agricultura sostenible, promueve el establecimiento de sistemas agroecológicos económicamente sostenibles (Díaz et al. 2025).

VII. RESULTADOS

7.1. Selección de estudios

Al comparar y analizar las investigaciones de diversos autores se encontró lo siguiente. En la figura 2 se observa el contenido porcentual de las bases de datos de revistas analizadas, donde sobresale Google académico y Scielo con el 35% y 30% respectivamente.

Figura 2. Material informativo consultado durante la búsqueda.



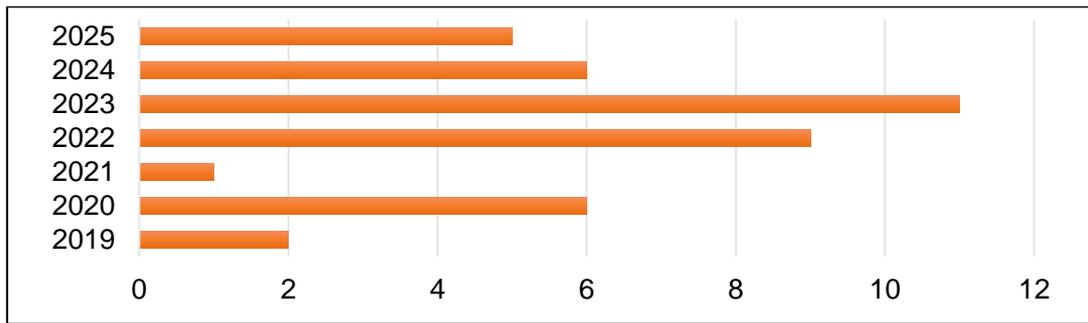
Elaborado por: Autor propio (2025).

7.2. Características de los estudios incluidos

7.2.1. Año de publicación

Con respecto a las publicaciones a lo largo de los años, se puede observar que en 2019 hubo 2 publicaciones, que aumentaron a 6 en 2020. Asimismo, se observa un aumento en 2022, de 9 publicaciones, y se consolidó completamente en 2023, con 11 publicaciones siendo la mayor cantidad de estudios publicados. Mirando hacia los años posteriores 2024 y 2025, bajaron a 6 y 5 publicaciones respectivamente.

Figura 3. Número de publicaciones por año.

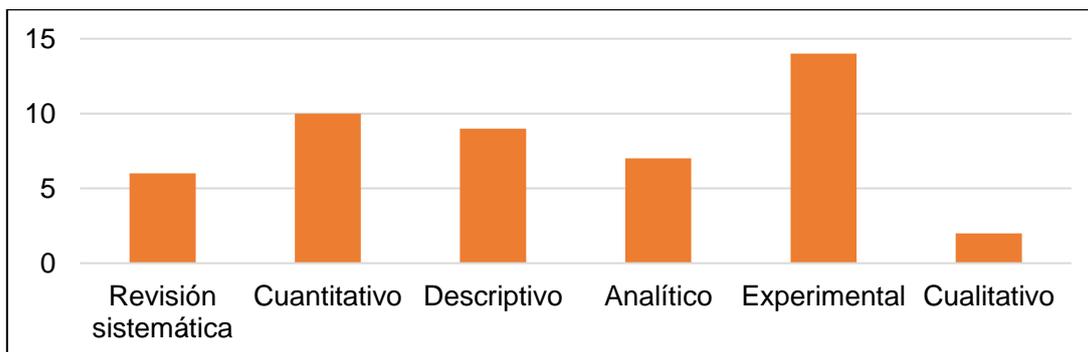


Elaborado por: Autor propio (2025).

7.2.2. Tipo de estudio

Se observa que existe un mayor número de estudios experimentales (14) seguidos de los cuantitativos (10) y descriptivos (9). También se utilizaron 7 estudios analíticos, 6 de revisión literaria y 2 estudios cualitativos.

Figura 4. Tipos de estudios



Elaborado por: Autor propio (2025).

7.3. Análisis de resultados

7.3.1. Principales microorganismos eficientes utilizados en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Al analizar nueve artículos se puede determinar que los microorganismos presentes en la rizosfera del tomate, en especial las rizobacterias, desempeñan un papel clave tanto en el estímulo del crecimiento de la planta como en el control biológico de enfermedades que afectan a este cultivo. Hernández et al. (2024) y Adedayo et al. (2022) destacan géneros como *Bacillus* y *Pseudomonas*,

reconocidos por su función como biofertilizantes y por su capacidad para inhibir patógenos del suelo. Del mismo modo, Calero et al. (2020) y Délano et al. (2024) han demostrado que el uso de microorganismos eficientes (ME) y cepas específicas como *Enterobacter* sp. favorecen el desarrollo de plántulas e incrementa su rendimiento.

Sin embargo, es importante considerar que estos efectos no dependen únicamente de la presencia de estos organismos, sino también de factores como el ambiente, manejo y la interacción con otros microorganismos. Autores como Ferral et al. (2020) y Tommonaro et al. (2021) recalcan que los microorganismos autóctonos y nativos, adaptados a las condiciones locales, pueden ofrecer mejores resultados en términos de biocontrol y productividad. En la tabla 3 se observan algunos microorganismos, bacterias, rizobacterias, entre otros identificados en la rizosfera del tomate (*Solanum lycopersicum*) y sus efectos.

Tabla 3. Microorganismos y rizobacterias identificados en la rizosfera del tomate (*Solanum lycopersicum*) y sus efectos.

Agentes	Organismos de la rizosfera	Efecto sobre las plantas	Referencia
Rizobacterias	Proteobacterias, Actinobacterias, Firmicutes, Acidobacterias	Control biológico de enfermedades y promoción del crecimiento en tomate	Hernández et al. (2024)
Bacillus spp. y Pseudomonas spp.	Aisladas de la rizosfera de tomate	Mejoran el crecimiento, biomasa y la producción del cultivo	Adedayo et al. (2022)
Microorganismos eficientes (ME)	Diversas bacterias promotoras del crecimiento	Incrementan la producción de plántulas y la sanidad en tomate	Calero et al. (2020)
Enterobacter DBA51	Aislada de la rizosfera de tomate y jalapeño	Aumenta el crecimiento y la producción en campo	Délano et al. (2024)

			abierto	
Bacillus spp. y Trichoderma spp.	Rizobacterias y hongos benéficos		Reducción de patógenos y mejora del crecimiento vegetal	Carrillo et al. (2020)
Microorganismos autóctonos	Diversas especies nativas		Biocontrol de nematodos en tomate	Ferral et al. (2020)
Bacillus spp. y otros ME	Aislados en tomate		Incrementan eficiencia en absorción de nutrientes y rendimiento	Tommonaro et al. (2021)
Microorganismos nativos y compost	Diversidad microbiana en el suelo		Control de enfermedades mejora de la sanidad del cultivo	Crespo et al. (2025)

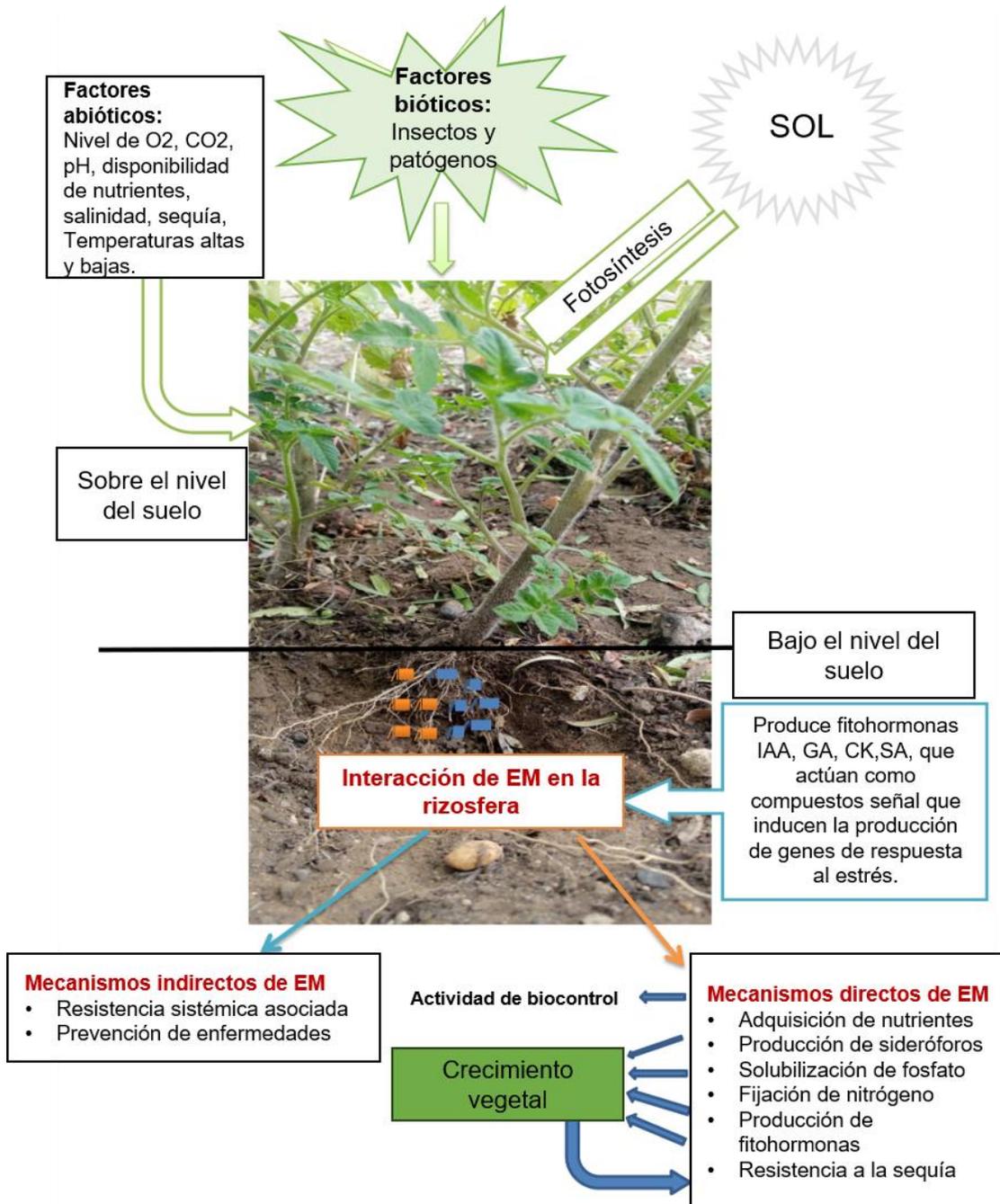
7.3.2. Mecanismos directos e indirectos de acción de los microorganismos eficientes.

Como se observa en la figura 5, los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) o EM desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del tomate a través de mecanismos directos. Estos incluyen la solubilización de fosfatos, la fijación biológica de nitrógeno, la producción de sideróforos para mejorar la absorción de hierro y la síntesis de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, que estimulan el crecimiento radicular y aéreo. Además, contribuyen a la resistencia frente al estrés hídrico, lo que permite a la planta tolerar condiciones adversas como la sequía.

Torres et al. (2024) resalta que en los mecanismos indirectos de los PGPR se activan defensas propias de la planta como la resistencia sistémica inducida (ISR), que hace que la planta produzca sustancias químicas frente a patógenos. En este sentido, Wittmann et al. (2023) subrayan que la interacción entre ambos mecanismos contribuye al crecimiento del cultivo, especialmente en condiciones

ambientales difíciles, de tal modo que se observa el valor del uso de PGPR como estrategia sostenible en la producción de tomate.

Figura 5. Mecanismo de acción de EM



Elaborado por: Autor propio (2025)

7.3.3. Efectos de la aplicación de microorganismos eficientes en las variables productivas del cultivo de tomate.

Se ha revisado siete estudios que evaluaron los efectos de ciertos microorganismos beneficiosos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), y sus hallazgos se resumen en la Tabla 4. Los hallazgos son consistentes en que, además de mejorar la estructura del suelo y la fertilidad del suelo, estos microorganismos tienen un efecto positivo en la salud foliar, el crecimiento en altura de la planta y el rendimiento final.

Tabla 4. Efectos de la aplicación de microorganismos eficientes en las variables productivas del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Autor	Microorganismo	Efecto en suelo	en hojas	Efecto en altura	Efecto en rendimiento
Adedayo et al. (2022)	Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	Aumento del 20-35% en actividad microbiana y nitrógeno disponible (mg/kg suelo)	Incremento del 15% en contenido de clorofila (SPAD)	Crecimiento del tallo: +12 cm respecto al control	Rendimiento: aumento del 25-30%, 5,5-6 kg/m ² de fruto
Aguilar et al. (2024)	Microorganismos eficientes enmienda orgánica	Mejora + retención de humedad del suelo en 10-15%, aumento de materia orgánica en 0,5%	Incremento de 18% en área foliar (cm ² /planta)	Altura promedio 45 cm, +10 cm respecto al testigo	Rendimiento: +20%, 4,8-5,5 kg/planta
Alarcón et al.	Microorganismos eficientes	Incremento en fertilidad	Área foliar aumentada	Altura planta	de Producción aumentada

(2020)	autóctonos	edáfica (P disponible 15-20 mg/kg)	en 22% (cm ²)	aumentada en 14 cm	en 30%, 6-7 kg/planta
Bhardwaj et al. (2023)	Bacterias compost urbano	Actividad enzimática del suelo mejorada 25% (ureasa, fosfatasa)	Contenido foliar de clorofila +12%	Altura de planta 50-55 cm	Rendimiento: aumento 28%, 5,8 kg/m ²
Borodai et al. (2022)	Microorganismos de <i>Solanum nigrum</i>	Reducción de patógenos en suelo 40%, mejora en pH en 0.3 unidades	Mejor resistencia a enfermedades, hojas más verdes y sanas	Incremento altura planta +10 cm	Rendimiento: 6-6.5 kg/planta, frutos más grandes (+15% peso)
Calero et al. (2020)	ME comercial mezcla	Aumento disponibilidad de N y K en suelo 20%	Incremento de 25% en número de hojas	Altura plántula: 20-25 cm, +5 cm vs control	Prendimiento +15%, rendimiento 4.5 kg/planta
Hernández et al. (2024)	Rizobacterias	Incremento fósforo disponible 10-18 mg/kg	Aumento densidad estomática +10%, fotosíntesis +18%	Altura planta +13 cm	Rendimiento: +22%, 5.7 kg/m ²

7.3.4. Comparación de la efectividad de diferentes microorganismos eficientes en la mejora de la productividad y la resistencia a enfermedades en el cultivo de tomate.

Los ME aplicados en *Solanum lycopersicum*, como se ha mencionado en este estudio, ayudan en el incremento de la productividad y en la disminución de enfermedades. Para la mejora en productividad, se encuentran de mayor importancia los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*. De acuerdo a Adedayo et al. (2022), el manejo de estas rizobacterias suele mejorar de forma significativa la biomasa y el rendimiento de los tomates, y explican que esto se debe a la fijación de N y solubilización del P.

Asimismo, Alarcón et al. (2020) reportaron incrementos en la producción y biomasa del cultivo mediante la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, entre los cuales destacan las cepas de *Bacillus amyloliquefaciens*, asociadas a mayor tolerancia al estrés y mejor desarrollo radicular.

Por otro lado, para la resistencia a enfermedades, los hongos del género *Trichoderma* spp. se destacan. Carrillo, Terry y Ruiz (2020) demostraron que la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *T. viride* en tomate redujo en un 78% la incidencia de marchitez por *Fusarium solani*, al mismo tiempo que se observó un incremento en la biomasa y el contenido de clorofila. De igual manera, Ferral, Fidel y Calderón (2020) evidenciaron que los microorganismos eficientes autóctonos, incluidos hongos como *Trichoderma* spp., fueron efectivos en el control de nematodos fitoparásitos, contribuyendo así a la sanidad del cultivo.

En resumen, aunque ambos géneros resultan beneficiosos de forma integral, *Bacillus* y *Pseudomonas* ofrecen ventajas superiores para el aumento de rendimiento y vigor, mientras que *Trichoderma* spp. se posiciona como la mejor opción para fortalecer la resistencia frente a patógenos, especialmente de origen fúngico y viral.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Tras analizar 48 estudios recientes, se confirma que la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) mejora significativamente tanto la productividad como la resistencia a enfermedades.
- Se determinó que los géneros bacterianos *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. fueron los más efectivos en promover el crecimiento e incrementar el rendimiento en el cultivo de tomate, mientras que *Trichoderma* spp. presentó mayor efectividad en el control de enfermedades fúngicas y virales.
- Se concluye que la combinación de varios ME puede aumentar los beneficios agronómicos logrados con solo un ME, proporcionando una estrategia única para la mejora de la gestión sostenible en los cultivos.
- El uso de ME en la agricultura es una opción prometedora para aumentar la productividad y sostenibilidad del cultivo de tomates en Ecuador.

8.2. Recomendaciones

- Se recomienda la realización de estudios que evalúen la interacción entre diferentes cepas de ME y su efecto combinado sobre diversas enfermedades fúngicas y virales del cultivo de tomate.
- Se recomienda promover la capacitación de los agricultores en el uso adecuado de ME, incluyendo instrucciones sobre su preparación, dosis, aplicación y manejo.
- Es necesario que se investigue el uso de ME en otras especies agrícolas de importancia económica para Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- Adedayo, A; Babalola, O; Prigent, C; Cruz, C; Stefan, M; Kutu, F; Glick, B. 2022. La aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la producción de *Solanum lycopersicum* en el sistema agrícola: una revisión. *PeerJ* 10:13. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.13405>.
- Aguilar, C; Nandayapa, F; Zapata, I; Galdámez, J; Martínez, F; Vázquez, H. 2024. Uso de enmienda orgánica y microorganismos eficientes en Chile (en línea). *Siembra* 11(1):1-12. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v11n1/2477-8850-siembra-11-01-5875.pdf>.
- Alarcon, J; Recharte, D; Yanqui, F; Moreno, S; Buendía, M. 2020. Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria* 11(1):67-73.
- Antoszewski, M; Mierek, A; Dąbrowska, G. 2022. La importancia de los microorganismos para la agricultura sostenible: una revisión (en línea). *Metabolitos* 12(11):11. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo12111100>.
- Bhardwaj, P; Chauhan, A; Ranjan, A; Mandzhieva, S; Minkina, T; Mina, U; Rajput, V; Tripathi, A. 2023. Evaluación de la actividad promotora del crecimiento de bacterias aisladas del compost de residuos urbanos en *Solanum lycopersicum* L (en línea). *Horticulturae* 9(2):9. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020214>.
- Borodai, V; Kolomiiets, Y; Likhanov, A; Zelena, L; Butsenko, L; Shemetun, K; Churilov, A; Blume, Y. 2022. Efectos promotores del crecimiento y antipatogénicos de microorganismos aislados de *Solanum nigrum* L. e inoculados en *Solanum lycopersicum* L (en línea). *La revista de agricultura abierta* 16:12. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/18743315-v16-e2208180>.
- Calero, A; Quintero, E; Pérez, Y; Olivera, D; Peña, K; Castro, I; Jiménez, J. 2020. Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de

- plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de ciencia agrícola 36(1):67-78.
- Calle, L. 2016. Metodologías para hacer la revisión de literatura de una investigación (en línea). s.l., s.e. p. 7. Disponible en <https://bit.ly/3qL2vZ7>.
- Canul, J; González, E; Barrios, E; Pons, J; Rangel, S. 2023. Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de tomate nativo del sur de México (en línea). Revista fitotecnia mexicana 45(1):23-31. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802022000100023.
- Carriel, E. 2019. Aplicación de microorganismos eficientes y promotores del crecimiento vegetal en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y pimiento (*Capsicum annuum*) en etapa de semilleros en la zona de Vinces-Ecuador (en línea). s.l., Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad de Guayaquil. EC. 76 p. Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7fbee45e-1fa7-44bc-95cd-4695dd515477/content>.
- Carrillo, Y; Terry, E; Ruiz, J. 2020. Efecto de un inóculo microbiano en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (en línea). Cultivos Tropicales 41(4):2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197001/html/>.
- Chen, Q; Song, Y; An, Y; Lu, Y; Zhong, G. 2024. Microorganismos del suelo: su papel en la mejora de la nutrición y la salud de los cultivos (en línea). Diversidad 16(12):1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/d16120734>.
- Crespo, J; Suquilanda, M; Carranza, C; Arellano, K; Vera, L. 2025. Caracterización morfológica y optimización de bio-insumo a base de microorganismos eficientes (en línea). Universidad, Ciencia y Tecnología 29(126):89-99. Disponible en Luis.
- Délano, J; Flores, A; Valenzuela, J. 2024. La bioinoculación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con *Enterobacter* sp. DBA51 aumenta el crecimiento y la producción en

campo abierto (en línea). *Agronomía* 14(4):1-13. DOI:
<https://doi.org/10.3390/agronomy14040702>.

Délices, G; Leyva, O; Mota, C; Núñez, R; Gámez, R; Meza, P; Serna, R. 2020. Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Solanaceae) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México) (en línea). *Revista de Biología Tropical* 67(4):1023-1036. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442019000401023.

Díaz, A; Parra, F; Cira, L; García, L; Estrada, M; Santoyo, G; De los Santos, S. 2025. Inoculantes microbianos en la agricultura sostenible: avances, desafíos y direcciones futuras (en línea). *Plantas* 14(2):1-10. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14020191>.

Escrig, VJ; Lluca, JA; Granel, L; Bellver, M. 2020. Metaanálisis: una forma básica de entender e interpretar su evidencia (en línea). *Revista de Senología y Patología Mamaria - Journal of Breast Science* 34:44-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.05.007>.

ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). 2023. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (en línea). s.l., s.e. p. 55. Consultado 3 jun. 2023. Disponible en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_.

Espinosa, A; Hernández, R; Velasco, S; Ramírez, A; Salcedo, E. 2025. La productividad y las características de calidad de los frutos del tomate (*Solanum lycopersicum*) se mejoran mediante la aplicación de un alga verde (*Ulva ohnoi*) (en línea). *Agricultura* 15(7):16. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15070750>.

Fernández, J; Hernández, M; Salgado, J. 2021. Sistemas de biofertilización en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (en línea). *Avances* 23(4):384-396. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869393002/html/>.

- Ferral, C; Fidel, P; Calderón, D. 2020. Uso de microorganismos eficientes autóctonos, en el manejo de *Meloidogyne incognita* en el cultivo del tomate (en línea). *Centro Agrícola* 46(4):38-43. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n4/0253-5785-cag-46-04-38.pdf>.
- Fornaris, A; Castillo, J; Echavarría, J. 2022. Efecto de dosis foliar y edáfica del lixiviado microbiano en la producción de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) (en línea). *Ciencia en su PC* 1(3):88-101. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1813/181374718008/181374718008.pdf>.
- Galecio, M; Neira, M; Chanduvi, R; Peña, R; Álvarez, L; Granda, C; Lindo, D; Saavedra, E; Javier, J; Morales, A. 2023. Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (en línea). *Terra Latinoamericana* 41:1-12. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v41/2395-8030-tl-41-e1622.pdf>.
- Gallardo, A; Lafargue, M; Carter, A; Noa, N; Gallardo, M; Urgelles, I; Labadié, L. 2023. Efecto de la aplicación de microorganismos en el crecimiento de *Morus alba* Linn en condiciones semicontroladas (en línea). *Pastos y Forrajes* 46:1-5. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v46/2078-8452-pyf-46-e16.pdf>.
- Gülpınar, Ö; Güçlü, AG. 2013. How to write a review article? *Turkish journal of urology* 39(Suppl 1):44-48. DOI: <https://doi.org/10.5152/tud.2013.054>.
- Hernández, E; Montesdeoca, D; Abreu, N; Luis, J. 2024. Efectos de las cepas de rizobacterias en la promoción del crecimiento vegetal en tomates (*Solanum lycopersicum*) (en línea). *Plantas* 13(23):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13233280>.
- Jalal, A; Da Silva, C; Leonel, P; Galindo, F; Carvalho, M. 2023. Los microorganismos beneficiosos mejoran la sostenibilidad agrícola en condiciones climáticas extremas (en línea). *Vida* 13(5):1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/life13051102>.
- Liu, W; Liu, K; Chen, D; Zhang, Z; Li, B; El-Mogy, M; Tian, S; Chen, T. 2022. *Solanum lycopersicum*, una planta modelo para los estudios en biología del desarrollo, biología del estrés y ciencia de los alimentos (en línea).

- Alimentos 11(16):1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11162402>.
- Longoria, R; Félix, R; Cordero, J. 2020. Diversidad de bacterias endófitas asociadas a plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) (en línea). Revista mexicana de fitopatología 38(2):307-319. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v38n2/2007-8080-rmfi-38-02-307.pdf>.
- Maldonado, M; Salinas, D; Rojas, A; Hernández, A; Álvarez, P; Maldonado, R. 2024. Comportamiento agronómico de poblaciones mexicanas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo bajo dos sistemas de producción. (en línea). Revista bio ciencias 10:1-10. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext_plus&pid=S2007-33802023000100409&lng=es&tlng=es&nrm=iso.
- Mayén, R; Morales, E; Morales, E; López, J. 2023. Rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) en función de fosfito de potasio como fertilizante foliar (en línea). Ecosistemas y recursos agropecuarios 10(2):1-12. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282023000200016.
- Méndez, H; Pertierra, R; Balmaseda, C. 2023. Eficiencia del agua en tomate cultivado en sustrato inerte (en línea). Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU) 10(2):23-34. Disponible en http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-76972023000200023.
- Mendoza, C; Caballero, M; Guaranda, K; Caballero, J; Murillo, K; Caballero, H; Intriago, J. 2023. Evaluación de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cultivo protegido en el cantón Santa Ana. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 10(1):61-65.
- Mohammed, M; Dakora, F. 2024. Microorganismos en la agricultura: perspectivas y limitaciones para su adopción y utilización más amplias en entornos pobres en nutrientes (en línea). Microorganismos 12(11):1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12112225>.

- Ortiz, A; Sansinenea, E. 2022. El papel de los microorganismos beneficiosos en la calidad del suelo y la salud de las plantas (en línea). *Sostenibilidad* 14(9):1-13. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095358>.
- Ramírez, G; Rodríguez, J; Rodríguez, E; Sahagún, J; Chávez, J; Peralta, I; Barrera, L. 2022. Distribución y adaptación climática de poblaciones de tomate silvestre (*Solanum lycopersicum* L.) en México (en línea). *Plantas* 11(15):1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11152007>.
- Ren, S; Zhang, Y; Liu, Y; Sakao, T; Huisingh, D; Almeida, C. 2018. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions. *Journal of Cleaner Production* 210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.025>.
- Ríos, W; Jave, H; Torres, E; Rios, F; Padilla, E; Guevara, N. 2025. Microorganismos promotores del crecimiento de las plantas: su impacto en la calidad y el rendimiento de los cultivos (en línea). *Revista internacional de biología vegetal* 16(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb16010009>.
- Rodríguez, D; Vargas, J. 2022. Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense* 46(2):47-60.
- Saffan, M; Koriem, M; El-Henawy, A; El-Mahdy, S; El-Ramady, H; Elbehiry, F; Omara, AE-D; Bayoumi, Y; Badgar, K; Prokisch, J. 2022. Producción sustentable de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con agua de riego de baja calidad afectada por bio-nanofertilizantes de selenio y cobre (en línea). *Sostenibilidad* 14(6):12. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063236>.
- Sarti, G; Paz, A; Cristóbal, J; García, A; Galelli, M. 2025. Utilización de microorganismos eficientes en tomate para mejorar el desarrollo del cultivo (en línea). *Procesos* 13(3):1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13030767>.
- Sawicka, B; Pszczółkowski, P; Barbaś, P; Skiba, D; Krochmal, B. 2023. El uso

de microorganismos eficaces como alternativa sostenible para mejorar la calidad de las patatas en el procesamiento de alimentos (en línea).

Ciencias Aplicadas 13(12):1-12. DOI:

<https://doi.org/10.3390/app13127062>.

Suazo, B; Martínez, S; Puig, M; Maiale, S; Garbi, M. 2023. Periodo de cosecha y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado y conducido a más de un eje, bajo invernadero (en línea). *Chilean journal of agricultural & animal sciences* 39(1):23-34. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902023000100023&script=sci_arttext.

Tanya, M; Leiva, M. 2020. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas (en línea). *Centro Agrícola* 46(2):93-103. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>.

Tommonaro, G; Abbamondi, G; Nicolaus, B; Poli, A; D'Angelo, C; Iodice, C; De Prisco, R. 2021. Mejora de la productividad y las características nutricionales de diferentes tomates cultivados con tecnología de microorganismos eficaces (en línea). *Agricultura* 11(2):15. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11020112>.

Torres, D; Lozano, S; Ocoro, M. 2024. Deducciones subsiguientes al uso de microorganismos nativos eficientes en diferentes concentraciones para el cultivar de frijol calima (*Phaseolus vulgaris* L.) en zona rural de Buenaventura, valle Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 8(5):13791-13812.

Torres, J; Aguilar, C; Vázquez, H; Solís, M; Gómez, E; Aguilar, J. 2022. Evaluación del uso de microorganismos de montaña (en línea). *Siembra* 9(1):12. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v9n1/2477-8850-siembra-09-01-03500.pdf>.

Wittmann, V; Davidovich, G; Wong, E; Montero, M. 2023. Comparación de indicadores microbiológicos en sistemas de cultivo de tomate (en línea). *Cuadernos de Investigación UNED* 15(2):1-12. Disponible en

<https://www.redalyc.org/journal/5156/515679867008/html/>.