

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE CUATRO DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
(ME) EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO
(*Cucumis sativus* L.) var. EXOCET EN EL DISTRITO
DE CALANA, TACNA**

TESIS

Presentada Por:

Bach. Diego Abelardo Ticona Quispe

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

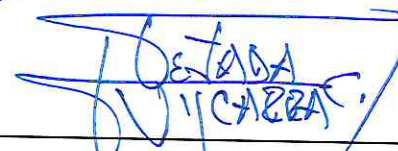
**EFFECTO DE CUATRO DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME)
EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO (*Cucumis sativus* L.)
Vr. EXOCET EN EL DISTRITO DE CALANA, TACNA**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 26 DE DICIEMBRE DEL 2024
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:


Dr. MARTIN ELOY CASILLA GARCIA

SECRETARIO:


Dr. JUAN CARLOS TEJADA VIZCARRA

VOCAL:


MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

ASESOR:


MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, MSC Nivardo Nuñez Torreblanca, en calidad de asesor del trabajo de tesis titulado "EFECTO DE CUATRO DOSIS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME) EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO (*Cucumis sativus* L.) Vr. EXOCET EN EL DISTRITO DE CALANA, TACNA, presentado por el bachiller Diego Abelardo Ticona Quispe, con el propósito de que sea incluido en el repositorio institucional, certifico haber cumplido con todas las disposiciones establecidas en el reglamento de originalidad y similitud para trabajos de investigación y producción intelectual. Basándome en la evaluación realizada mediante el software de detección de similitud textual Turnitin, se ha determinado que el nivel de similitud es conforme a los parámetros permitidos con un porcentaje total de similitud del 20%. En virtud de lo anterior, certifico que el contenido de esta tesis cumple con el nivel de similitud aceptable.

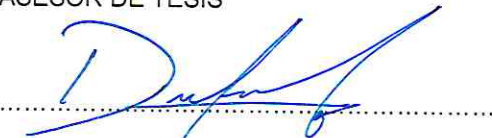
Por lo tanto, otorgo este certificado para dar continuidad a los procedimientos correspondientes, incluyendo la preparación del trabajo para su publicación.



MSC. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

DNI: 01248854

ASESOR DE TESIS



BACH. DIEGO ABELARDO TICONA QUISPE

DNI: 74024789

TESISTA



DEDICATORIA

Esta obra está dedicada, en primer lugar, a Dios, cuyo apoyo ha sido fundamental en cada etapa de mi vida. De igual manera, expreso mi profunda gratitud a mis padres, quienes, con su incondicional amor, me brindaron el sustento necesario para mi formación. Agradezco también a todos mis familiares, quienes siempre me ofrecieron aliento en los momentos más desafiantes. Finalmente, dedico esta obra a mis docentes y amigos, cuya invaluable colaboración hizo posible la concreción de este tan anhelado objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres por su constante acompañamiento y apoyo en cada etapa de mi formación académica, así como a mis hermanos, cuyos invaluable consejos me impulsaron a seguir adelante y alcanzar mi meta de convertirme en profesional. Asimismo, extendo mi gratitud a mis docentes, cuyas enseñanzas fueron fundamentales para lograr este tan ansiado objetivo. Finalmente, quiero manifestar un agradecimiento especial a mis amigos, quienes estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles, brindándome su apoyo moral de manera incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problema específico	8
1.3 Justificación	8
1.4 Limitaciones	10
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
2.1 Objetivo general	11
2.1.1 Objetivo específico	11

2.2 Hipótesis general	11
2.2.1 Hipótesis específico	11
2.3 Variables.....	12
2.3.1 Variables independientes (X).....	12
2.3.2 Variables dependientes (Y).	12
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
3.1 Historia de la tecnología de microorganismos eficientes (EM)	13
3.2 Seguridad de la tecnología (EM)	14
3.3 Descripción de la solución EM.....	15
3.3 Principales microorganismos contenidos en el (EM)	15
3.3.1 Bacterias fototróficas (Rhodopseudomonas spp.)	15
3.3.2 Bacterias ácido lácticas (Lactobacillus spp.)	16
3.3.3 Levaduras (Saccharomycetes spp.)	17
3.4 Acción en el cultivo	19
3.4.1 Crecimiento vegetativo (activación foliar)	19
3.4.2 Procesos vinculados al desarrollo (floración)	19
3.4.3 El desarrollo y calidad de los frutos	19
3.4.4 Protección contra enfermedades.....	20
3.4.5 Es altamente seguro y eficiente en la estimulación vegetativa	21
3.5 Agricultura Orgánica	22
3.6 Importancia del consumo de hortalizas	23

3.7 Características principales del cultivo de pepinillo	24
3.7.1 Origen del cultivo	24
3.7.2 Importancia del cultivo	24
3.7.3 Usos del pepinillo	25
3.7.4 Ventajas del cultivo de pepinillo	26
3.7.5 Clasificación taxonómica	27
3.7.6 Descripción botánica	28
3.7.7 Valor nutritivo	30
3.7.8 Fases fisiológicas del cultivo	31
3.7.9 Requerimientos Edafoclimaticos	32
3.7.10 Variedades de pepinillo	35
3.8 Antecedentes	36
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	39
4.1 Nivel, tipo y enfoque de investigación	39
4.2 Ubicación del estudio	39
4.2.2 Antecedentes del campo experimental	39
4.3 Situación del suelo	40
4.4 Situación meteorológica	41
4.5 Material experimental	42
4.6 Número tratamientos	46
4.7 Variables de respuesta	46

4.8 Diseño experimental	49
4.9 Características del campo experimental	50
4.10 Aleatorización del campo experimental	51
4.11 Análisis de datos.....	52
4.12 Conducción del Cultivo de Pepinillo.....	52
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	56
5.1 Resultados.....	56
5.2 Discusiones	70
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutritivo que contiene el fruto del pepinillo	31
Tabla 2. <i>Fases fisiológicas del cultivo de pepinillo</i>	31
Tabla 3. <i>Resultados del análisis físico y químico del suelo en el área de estudio.</i>	40
Tabla 4. <i>Datos hidrometeorológicos de la estación de Calana.</i>	42
Tabla 5. <i>Análisis de varianza de altura de planta (cm) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	56
Tabla 6. <i>Prueba Tukey de altura de planta (cm) en cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	57
Tabla 7. <i>Análisis de varianza de peso unitario de frutos (g) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	59
Tabla 8. <i>Prueba Tukey de peso unitario de frutos (g) en cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	60
Tabla 9. <i>Análisis de varianza de Número de frutos por planta (unidad) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	62
Tabla 10. <i>Análisis de varianza de longitud de fruto (cm) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	63
Tabla 11. <i>Análisis de varianza de diámetro de fruto (cm) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	64
Tabla 12. <i>Prueba Tukey de diámetro de fruto (cm) en cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	65
Tabla 13. <i>Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	67
Tabla 14. <i>Prueba Tukey de rendimiento total (t/ha) en cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Campo experimental (distribución de tratamientos)	51
Figura 2. Gráfico de barras de altura de planta (cm).....	58
Figura 3. Gráfico de barras de peso unitario de frutos (g).....	61
Figura 4. Gráfico de barras de diámetro de fruto (cm)	66
Figura 5. Gráfico de barras de rendimiento total (t/ha).....	69

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de cuatro dosis de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) var. Exocet en el distrito de Calana empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos incluyeron una dosis control (T0) y tres dosis crecientes de microorganismos eficientes (T1, T2, T3). Se analizaron las variables: rendimiento total, peso unitario de frutos, número de frutos por planta, altura de planta, longitud y diámetro de fruto. Los resultados mostraron diferencias significativas, destacando T3 con el mayor rendimiento (24 t/ha), mayor peso unitario de frutos (124,88 g) y diámetro de fruto (7,52 cm). También se registró mayor altura de planta en T3 (154,03 cm). No hubo diferencias significativas en el número de frutos por planta y longitud de frutos.

Palabras clave: pepinillo, microorganismos eficientes, rendimiento, dosis.

ABSTRACT

The effect of four doses of efficient microorganisms (EM) on the yield of gherkin (*Cucumis sativus* L.) var. Exocet in the district of Calana was evaluated using a completely randomized block design (CRBD) with 4 treatments and 5 replications. The treatments included a control dose (T0) and three increasing doses of efficient microorganisms (T1, T2, T3). The following variables were analyzed: total yield, fruit unit weight, number of fruits per plant, plant height, fruit length and fruit diameter. The results showed significant differences, with T3 having the highest yield (24 t/ha), fruit unit weight (124,88 g) and fruit diameter (7,52 cm). T3 also had the greatest plant height (154,03 cm). There were no significant differences in the number of fruits per plant and fruit length.

Key words: gherkin, efficient microorganisms, yield, dose.

INTRODUCCIÓN

Una de las hortalizas ampliamente cultivadas en zonas de climas subtropical y tropical a nivel mundial es el pepinillo (Cruz y Monge, 2019), ya sea en campo abierto o en invernadero, dependiendo de las condiciones climáticas específicas del área (Calero *et al.*, 2019). Este cultivo es apreciado tanto para el consumo en fresco como para su industrialización, lo que lo convierte en una opción rentable para los agricultores que buscan abastecer mercados locales, nacionales e internacionales (Casaca, 2005).

Una particularidad de la producción de pepinillo es la variabilidad en la superficie cultivada y los rendimientos, los cuales pueden verse considerablemente afectados por condiciones climáticas adversas, lo que provoca retrasos en la cosecha y altera las fases fenológicas del cultivo (Calero *et al.*, 2019). Debido a que este cultivo demanda un alto nivel de nutrientes, los productores suelen recurrir al uso intensivo de fertilizantes químicos, lo cual impacta negativamente en la calidad del suelo (Callisaya y Fernández, 2017). Ante esta problemática, es crucial identificar fuentes alternativas de fertilización, como insumos orgánicos sólidos o líquidos, que puedan ofrecer soluciones sostenibles a los desafíos agronómicos y de suelo en la producción de pepinillo.

En relación con esto, el uso de microorganismos eficientes (EM) en la producción de pepinillo ha demostrado ser beneficioso. Rasheed *et al.* (2020) señalaron que la aplicación de EM-1 en plantas de pepino produjo un aumento significativo en diversas características del crecimiento vegetativo, como la longitud de la planta, el número de ramas, el área foliar, la cantidad de hojas y el contenido de clorofila. Dado que hay pocos estudios al respecto, este trabajo resulta esencial para evaluar los efectos del uso de EM en el rendimiento del pepinillo en condiciones del distrito de Calana, Tacna; considerando los parámetros morfológicos como variables de respuesta en el análisis del campo estadístico.

Este estudio realizado se estructura en cinco capítulos que abarcan la problemática de investigación, el marco teórico, la metodología, los resultados y la discusión. Además, incluye conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas, las cuales se detallan a continuación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Las hortalizas ocupan un lugar importante en la alimentación humana, siendo parte de diversos platos culinarios al alcance del día. El pepinillo forma parte de numerosos platos y su relativa demanda la convierten en potencial fuente de ingresos para los pequeños y medianos productores. Este producto también viene siendo utilizado por las industrias lo que permite mostrar su importancia.

El cultivo de pepinillo, si bien es cierto que en los últimos años no ha venido creciendo en índices de intensión de siembra, su valor dista mucho de ser relegado en los mercados mayoristas y minoristas, por lo que a nivel regional el pepinillo presenta una valoración importante por constituir parte de la dieta alimenticia de la población tacneña.

Según el Boletín Estadístico Mensual “el Agro en Cifras” publicado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego para el año 2022, en el mes de enero según sus últimos reportes, el cultivo de pepinillo no se registra, esto permite deducir que los índices de producción a nivel nacional son mínimo, especulando que esté relegado a los pequeños agricultores y mercados de algunas regiones que aun sostienen su consumo. Existen muchos factores

que permiten que su intención de siembra tenga índices muy bajos, como: nuevos productos lanzados al mercado de mayor aceptación por el consumidor, baja rentabilidad para el productor, poca demanda en el mercado, desequilibrio en el costo/beneficio, entre otros. Lo que a la postre se resume en una opción menos sustentable para la economía del agricultor, siendo desplazado a la producción familiar, y en algunos casos como una oportunidad en los pequeños mercados locales.

Por otro lado, según el Anuario Estadístico Agrícola de Tacna para el año 2020 – 2021, nos muestra que en el cultivo de pepinillo se registró una siembra de 108 ha (entre agosto y enero) a nivel regional. Para el año 2019 se registró una producción anual de 2 191 toneladas de pepinillo con un área cosechada de 132 ha a nivel de la región de Tacna. para mayor precisión se destaca que la producción se encuentra ubicada en el distrito de la Yarada los Palos, concentrándose en más del 90 % de la producción con 2 173 toneladas cosechadas en un área de 131 ha.

De acuerdo a los datos mostrados en el párrafo anterior podemos deducir que los horticultores de los demás distritos de la provincia de Tacna han optado por dedicarse a la producción de otras hortalizas, desplazando su cultivo a un solo sector como lo es el distrito la Yarada Los Palos. Tal es el caso que en el año 2017 según las exportaciones principales de productos agrícolas de Tacna para el periodo de enero – diciembre,

publicada por la Dirección Regional de Agricultura muestra que la exportación de pepinillo fue de 387 toneladas hacia el país vecino Chile. No se registran más datos sobre el cultivo de pepinillo, lo que permite sostener que su producción no ha tenido crecimientos notables, esto se sostiene debido a que se encuentra fuera de la estadística de producción de diversas entidades.

Por otro lado, Delgado *et al* (2018) muestra que tras el análisis de los informes obtenidos de la página web del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), datos que corresponden a todos los tipos de alimentos de origen animal y vegetal analizados en los periodos de 2011 a 2015, donde encuentran que 202 muestras de animales y vegetales incumplen las normas catalogándose como “no conformes”, tal es la magnitud del problema que durante el periodo estudiado encontraron un aumento de 30,73% de las muestras no conformes, que incluso han alcanzado al 50 %.

Es importante notar lo preocupante que resulta el saber que gran parte de los alimentos de origen animal como vegetales monitorizados por el SENASA presentan altos niveles de contaminación, por el uso indiscriminado de los productos químicos que se están produciendo a nivel nacional. Es importante destacar que pese a las nuevas regulaciones Decreto Supremo 001-2015 MINAGRI, el uso excesivo de agroquímicos no reducirá, sino solo cambiarán de etiquetas mostrando ser más amigables

para el medio ambiente, nada más falso. Por tanto, cabe la imperiosa labor de quienes se dedican a esta importante labor de la agricultura el poder promover una agricultura orgánica. Los agrónomos tienen la gran responsabilidad de mostrar nuevas alternativas para mejorar la microbiología del suelo, el ataque de plagas y promover la diversificación de los productos vegetales, por último, queda redirigir la agricultura convencional herencia de la revolución industrial a una agricultura orgánica.

Por un lado, nos encontramos frente a un cultivo que ha presentado un crecimiento muy bajo durante estos últimos años, tal es el hecho de mantenerse constante en el tiempo con un rendimiento promedio de 16,6 t/ha y por otro lado nos enfrentamos a una agricultura tradicional donde cada vez los plaguicidas, fertilizantes, y estimulantes agrícolas ocupan gran importancia a la hora de obtener mayor producción, insertándose en la pequeña y mediana agricultura; siendo cada vez más su utilización sin un control. La falta de capacitaciones y la deshonestidad de muchos profesionales a la hora de la venta de estos productos han ocasionado que la gran diversidad de alimentos que se venden en los mercados presente altos niveles de contaminación por plaguicidas, así como también, se ha visto la degradación de suelos agrícolas debido a los mal llamados fertilizantes. A la postre esto se resume en un deterioro con pérdidas de áreas agrícolas, así como un deterioro en la salud humana.

Por años, la agricultura ha venido utilizando fertilizantes para la obtención de cada vez mayores rendimientos, con un notable deterioro de las mismas. Tal es la intensidad de la dependencia de fertilizantes que cada vez el suelo requiere más y a la postre terminaran en suelos estériles sin posibilidad de recuperarse. El uso indiscriminado de los fertilizantes ha hecho que gran parte de la microbiología del suelo se haya visto reducido por los famosos bioestimulantes, condicionándosele a cada vez más adición de productos que vuelven inviable la producción por su costo.

Es a razón de todas estas consideraciones que la presente investigación busca evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento de cultivo de pepinillo como alternativa de uso de fertilizantes sintéticos, los cuales han incrementado su valor al 300 %, lo cual permite el uso de nuevas técnicas de agricultura que permita una vida más sana y económicamente sustentable para el agricultor.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de las dosis de aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en el distrito de Calana, Tacna?

1.2.2 Problema específico

¿De las dosis de aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) existirá una dosis que permita un mayor rendimiento en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en el distrito de Calana, Tacna?

1.3 Justificación

El cultivo de pepinillo es ampliamente apreciado por grandes sectores de la población nacional, ya que, su uso se da en los diversos platos culinarios, y adicionalmente en la industria. En muchos hogares se lo ve como parte de las ensaladas.

La producción de pepinillo en la región de Tacna se ha concentrado en el distrito la Yarada los palos en más de un 90 %. Esto es una evidencia de la importancia que cobra para algunos agricultores que buscan mejorar sus rendimientos y poder así suplir la demanda de importación por el país vecino Chile.

Por otro lado, la producción de pepinillo se ha mantenido constante en el tiempo, así como su exportación ha significado ser ligeramente significativa. Es por estos aspectos que se pretende buscar alternativas para su siembra y además disminuir el costo en materia de producción, para que de ese modo resulte más conveniente para el agricultor y los organismos internacionales ya que un producto vegetal orgánico goza

degran demanda por ser un productor libre de pesticidas, la cual va en crecimiento en los últimos años.

También, se ha visto un notable crecimiento del uso de fertilizantes, agroquímicos y estimulantes sintéticos con el fin de potenciar los rendimientos de los cultivos, trayendo consigo gran dependencia de estos productos sintéticos que cada vez son más ampliamente utilizados por los agricultores sin fijar la mirada en los efectos sobre la salud humana. Prestando especial atención sobre la base nutricional de las plantas que es el suelo, podemos evidenciar que debido al uso indiscriminado de los fertilizantes que a su vez incrementa el uso de agua por las sales de estos productos, esteriliza completamente la vida microbiológica, en otras palabras, atenta contra la bioquímica del suelo. En los últimos años se han erosionado áreas agrícolas en todo el mundo, debido a la constante dependencia de los fertilizantes. Esto ha permitido prestar especial atención en la agricultura orgánica, que se viene promocionando con más notoriedad en diversas instituciones.

Es por ello, que el presente experimento busca encontrar una alterativa más rentable y saludable para el medio ambiente a través del uso de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento del cultivo de pepinillo.

1.4 Limitaciones

Las limitaciones que se presentan son la escasa información que se encuentra a nivel nacional correspondiente a los índices de producción y rendimiento lo cual se ve interiorizada en la región de Tacna y más concretamente en el distrito de Calana.

La presente investigación solo corresponde al cultivar pepinillo. Var. Exocet.

El estudio se autofinancia por el tesista con plena satisfacción.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro dosis de microorganismo eficientes (EM) en el rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) vr. Exocet en el distrito de Calana, Tacna

2.1.1 Objetivo específico

Determinar la dosis adecuada de microorganismos eficientes que permita un mayor rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) vr. Exocet En el distrito de Calana, Tacna

2.2 Hipótesis general

Las dosis de microorganismos eficientes (EM) influyen en el rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) Vr. Exocet En el distrito de Calana, Tacna

2.2.1 Hipótesis específico

Existe una dosis adecuada de microorganismos eficientes que permite un mayor rendimiento en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) vr. Exocet En el distrito de Calana, Tacna

2.3 Variables

2.3.1 Variables independientes (X).

X1: dosis de microorganismos eficientes (EM)

2.3.2 Variables dependientes (Y).

- Altura de planta (cm)
- Peso unitario de frutos (g)
- Numero de frutos por planta (unidad)
- Longitud de fruto (cm)
- Diámetro de fruto (cm)
- Rendimiento total (t/ha)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1 Historia de la tecnología de microorganismos eficientes (EM)

El profesor Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad Ryukyus de Okinawa (Japón), es reconocido como el pionero de la tecnología de microorganismos eficientes (EM). Su fascinación por los microbios surgió tras su intoxicación por productos químicos agrícolas durante la fase incipiente de su carrera científica, cuando se adhirió a los postulados de la agricultura moderna, caracterizada por el uso extensivo de agroquímicos y fertilizantes sintéticos (Ramírez, 2006).

Durante su etapa como educador agrícola, desarrolló afecciones como urticaria y alergias como consecuencia del contacto con estos pesticidas. Esta experiencia le impulsó a contemplar sus efectos perjudiciales y a buscar alternativas más seguras, haciendo hincapié en los microorganismos que no amenazaban la salud humana ni el medio ambiente (Ramírez, 2006).

El Dr. Higa afirma que reunió unos 2.000 tipos de microbios a lo largo de su investigación. Esta operación requirió cierto tiempo, ya que tuvo que eliminar los que eran perjudiciales o emitían olores desagradables. Al final, consiguió identificar más de 80 microorganismos eficaces con propiedades

ventajosas. Posteriormente, administró una mezcla de estos microbios junto a determinados arbustos y, con el tiempo, observó un crecimiento significativo de las plantas en esas regiones. Tras este descubrimiento, Higa persistió en la exploración de las combinaciones más exitosas, culminando en 1982 con la presentación formal de los Microorganismos Eficaces (ME) como acondicionadores del suelo, tras catorce años de riguroso estudio (Sáenz, 1999).

3.2 Seguridad de la tecnología (EM)

El Dr. James F. Parr, especialista en microbiología del suelo del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), escribió una carta el 27 de junio de 1995 en la que afirmaba lo siguiente: El Servicio de Investigación Agrícola del USDA ha realizado evaluaciones en laboratorio, invernadero y campo abierto con microorganismos Kyusei Efficient (EM). Se encontró que éstos incluyen una combinación de bacterias comunes, bacterias fotosintéticas, levaduras y actinomicetos. Estos microbios no han sido «modificados» ni son inusuales por naturaleza, y no se ha observado ningún impacto perjudicial sobre las plantas o las personas.

3.3 Descripción de la solución EM

Los Microorganismos Eficaces (ME) son una mezcla de microorganismos beneficiosos derivados de fuentes naturales, desarrollados por el profesor Teruo Higa, reconocido como el pionero de esta técnica (EMPROTEC, 2001).

La investigación sobre los Microorganismos Eficaces (EM) finalizó en 1982, y su premisa fundamental se centraba en la integración de microorganismos útiles para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluidos los microorganismos patógenos) y mejorar la eficiencia del uso de la materia orgánica por las plantas (Sáenz, 1999).

3.3 Principales microorganismos contenidos en el (EM)

Los microorganismos más típicos para el cultivo de cada género son los siguientes:

3.3.1 Bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas spp.*)

Las bacterias fototróficas son un tipo de microorganismos autónomos. Utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía para sintetizar sustancias químicas ventajosas a partir de exudados radiculares, materiales orgánicos o gases deletéreos como el sulfuro de hidrógeno. Estas moléculas incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos,

sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2013).

Los metabolitos generados por estos microbios son absorbidos inmediatamente por las plantas y actúan como sustrato para la proliferación de microorganismos beneficiosos. En la rizosfera, las micorrizas vesículo-arbusculares (VA) proliferan debido a la presencia de sustancias nitrogenadas, como los aminoácidos, liberadas por las bacterias fototróficas. Las micorrizas VA aumentan la solubilidad del fosfato en el suelo, lo que permite a las plantas acceder a fósforo antes inaccesible. Además, las micorrizas VA pueden coexistir con *Azotobacter* y *Rhizobia*, aumentando la capacidad de las plantas para fijar el nitrógeno atmosférico (EMPROTEC, 2001).

3.3.2 Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp.)

Las bacterias lácticas sintetizan ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fototróficas y levaduras. Este procedimiento es crucial para la fabricación de ciertos alimentos y bebidas, como el yogur y los encurtidos, que utilizan estas bacterias (EMPROTEC, 2001).

El ácido láctico es un agente esterilizante eficaz que suprime la proliferación de microbios perjudiciales y favorece la descomposición desustancias como la lignina y la celulosa a través de la fermentación, mitigando así los efectos adversos de los residuos orgánicos no descompuestos.

Además, las bacterias lácticas tienen la capacidad de regular enfermedades, incluida la inhibición de microorganismos nocivos como el fusarium, que tienden a prosperar en los sistemas de cultivo continuo.

En circunstancias normales, especies como el fusarium comprometen la integridad de las plantas, haciéndolas más susceptibles a las enfermedades y elevando la prevalencia de plagas como los nematodos. La aplicación de bacterias lácticas disminuye las poblaciones de nematodos y regula la proliferación y diseminación del fusarium, favoreciendo así un entorno más propicio para el crecimiento de los cultivos (EMPROTEC, 2001).

3.3.3 Levaduras (*Saccharomycetes spp.*)

Las levaduras producen agentes antimicrobianos y otras sustancias químicas beneficiosas para el desarrollo de las plantas utilizando aminoácidos y azúcares derivados de bacterias fototróficas, materiales orgánicos y raíces de plantas. Estos compuestos bioactivos incluyen

hormonas y enzimas que promueven la proliferación celular y la formación de raíces. Además, las excreciones de las levaduras funcionan como sustrato para otros microorganismos eficaces, incluidas las bacterias lácticas y los actinomicetos (EMPROTEC, 2001).

Cada tipo de microorganismo eficaz, incluidas las bacterias fototróficas, las bacterias lácticas y las levaduras, tiene actividades distintas. Las bacterias fototróficas se consideran el elemento central de la EM, ya que aumentan la actividad de otros microorganismos. Este fenómeno se denomina «coexistencia y coprosperidad» (Ramírez, 2006).

El aumento de la población de EM en los suelos fomenta la proliferación de bacterias beneficiosas autóctonas, lo que conduce a un microbiota del suelo más diversificada y equilibrada. A medida que el sistema microbiano alcanza el equilibrio, se inhiben las bacterias perjudiciales, con lo que disminuyen las especies patógenas. En suelos maduros, los EM forman una asociación simbiótica con las raíces de las plantas en la rizosfera (Higa, 2002).

Las raíces liberan carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas que favorecen el desarrollo de los ME. Durante este proceso, los EM excretan aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas que

potencian el crecimiento de la planta. Esto significa que los hongos ectomicorrícicos cohabitan con las plantas en la rizosfera, facilitando un desarrollo notable en suelos caracterizados por estos microorganismos (EMPROTEC, 2001).

3.4 Acción en el cultivo

3.4.1 Crecimiento vegetativo (activación foliar)

Los microorganismos eficientes (ME) se han utilizado en diversos cultivos hortícolas de invernadero, incluyendo tomate, pimiento, calabaza, pepinillo, melón y berenjena, administrados por aspersión foliar y riego por goteo (IICA, 2013).

3.4.2 Procesos vinculados al desarrollo (floración)

La floración significa el paso del desarrollo indeterminado al determinado, incluyendo la formación de nuevos linajes celulares que dan lugar a la construcción de una identidad celular única. Al activarse este mecanismo, se observa una alteración morfológica en el ápice de la planta (Parra et al., 2009).

3.4.3 El desarrollo y calidad de los frutos

Parra et al. (2009) afirma que la optimización de la absorción y utilización de nutrientes por la planta tiene los siguientes efectos:

- *Promueve la síntesis de carbohidratos, proteínas y ácidos orgánicos, estableciendo así las circunstancias ideales para un crecimiento y desarrollo saludables de la planta.*
- *Favorece la estabilidad de las membranas celulares, las proteínas y la clorofila, lo que retrasa la senescencia de las plantas.*
- *Tiene una influencia estimulante en las plantas que experimentan estrés fisiológico durante sus primeras fases de crecimiento.*
- *Facilita la división celular temprana en los frutos, aumentando su tamaño.*
- *El aumento de la concentración de micronutrientes mejora el cuajado de los frutos y favorece el desarrollo final de la cáscara.*

3.4.4 Protección contra enfermedades

- Aumenta la resistencia innata de las plantas frente a plagas y enfermedades.
- Facilita la disminución de la prevalencia de nematodos y enfermedades de las raíces.
- Mejora la accesibilidad de los nutrientes, incluidos el nitrógeno y el fósforo, que se encuentran en los restos orgánicos.
- Reduce la prevalencia de enfermedades y fomenta el desarrollo de resistencia en las plantas, por lo que enriquece y estabiliza los ecosistemas.

3.4.5 Es altamente seguro y eficiente en la estimulación vegetativa

EM incluyen microorganismos como *Lactobacillus*, similares a los utilizados en la producción de yogur y queso, levaduras utilizadas en la fabricación de pan, cerveza y vino, y bacterias fototróficas o fotosintéticas, que a menudo residen en los suelos y las raíces de las plantas (OISCA, 2009).

Estas bacterias no son peligrosas, venenosas ni han sido modificadas genéticamente, sino que son naturales, ventajosas y muy eficaces. El hallazgo del Dr. Higa radica en su capacidad para permitir la coexistencia de estos tres grupos, creando una amalgama sinérgica en la que su impacto colectivo supera la mera suma de sus contribuciones individuales (OISCA, 2009).

Los microorganismos eficaces (EM) facilitan la descomposición rápida de los materiales orgánicos mediante la fermentación en lugar de la putrefacción. Como las moscas favorecen la descomposición para desarrollarse, el uso de EM reduce su número. A diferencia de los plaguicidas, los ME son totalmente inocuos y no presentan peligro de intoxicación, por lo que son especialmente apropiados para entornos en los que se procesan alimentos (Moya, 2012).

Además, las bacterias lácticas disminuyen las poblaciones de nematodos y regulan la proliferación de fusarium, favoreciendo así un entorno más propicio para el desarrollo de los cultivos (EMPROTEC, 2001).

Se está haciendo hincapié en el potencial de los ME en la agricultura, la ganadería y la conservación del medio ambiente. Su uso es sencillo, adaptable a nuestro entorno agrícola, económicamente viable y ecológicamente sostenible. El objetivo principal es aumentar la productividad de los sistemas agrícolas y ganaderos, especialmente los ecológicos, para mitigar la degradación ambiental (Cotino y Ojeda, 2006).

La introducción de ME en el medio natural aumenta significativamente el impacto de cada microbio a través de sus interacciones comunitarias. Este proceso enriquece la microflora y equilibra los ecosistemas microbianos del suelo, inhibiendo así el crecimiento excesivo de microbios perjudiciales (Mauz, 2006).

3.5 Agricultura Orgánica

La agricultura ecológica se propone como un enfoque de desarrollo destinado a abordar algunas limitaciones inherentes a los métodos agrícolas tradicionales. Este enfoque trasciende la mera técnica de producción, centrándose en la gestión sostenible del suelo, el uso de

insumos locales, la mejora del valor añadido y el desarrollo de una cadena de comercialización más equitativa (Soto, 2003).

Se trata de una estrategia de desarrollo crucial, capaz de potenciar la producción de alimentos nutritivos en mercados competitivos y en continua expansión (Amador, 2001).

La agricultura ecológica responde eficazmente a la necesidad de técnicas seguras de producción de alimentos, evitando los insumos sintéticos que amenazan la salud humana, el bienestar animal y el medio ambiente (S.A.G., 2013).

3.6 Importancia del consumo de hortalizas

La ingesta media de verduras en la dieta de nuestra nación es inadecuada, lo que representa un problema persistente que afecta notablemente a las poblaciones vulnerables, incluidas las mujeres embarazadas y los niños (Mora et al., 2024).

Las verduras son plantas herbáceas que pueden ser anuales, bienales o perennes, utilizadas total o parcialmente como alimento, ya sea en su estado inmaduro o en plena madurez (Van Haeff, 1997).

3.7 Características principales del cultivo de pepinillo

3.7.1 Origen del cultivo

El pepinillo se originó probablemente en el norte de la India, donde se ha identificado la especie progenitora silvestre *Cucumis hardwickii* Royle. Este cultivo se ha cultivado en la India durante los últimos 3 000 años, desde donde se difundió hacia el oeste, hasta Oriente Próximo. El pepinillo se difundió a China en torno al siglo VI d.C., aunque otros historiadores sugieren que su introducción pudo producirse ya en el siglo II a.C. Cristóbal Colón lo introdujo en el Nuevo Mundo, donde se cultivó en Haití en 1494 y a partir de entonces se difundió por todo el continente americano (Fornaris, 2001).

El cultivo del pepinillo se originó en el sudeste y el este de Asia, sobre todo en China y Japón, antes de extenderse a otros lugares de clima templado, como Grecia y Roma. La fruta se utiliza desde hace más de 5000 años debido a varias coincidencias. En Roma, se cultivaba en condiciones ideales para el consumo de los emperadores, al igual que otras hortalizas (Reche, 2011).

3.7.2 Importancia del cultivo

El pepinillo destaca por su importante concentración de ácido ascórbico, además de ser abundante en minerales como calcio,

fósforo, potasio y hierro. También contiene trazas de complejo B y se le asocian características diuréticas (Jiménez, 2010).

Esta novedosa hortaliza se ha vuelto más popular entre los consumidores, brindando a los agricultores la oportunidad de diversificar sus cosechas y satisfacer la demanda del mercado local (Yaguache, 2014).

Su consumo surge de sus cualidades refrescantes, facilidad de manejo y variedad en la preparación de ensaladas y encurtidos, así como su uso en tratamientos de belleza y fabricación de cosméticos, entre otros rubros (Reche, 2011).

3.7.3 Usos del pepinillo

3.7.3.1 Culinarios

El pepinillo se consume principalmente en su forma inmadura, cuando las semillas siguen siendo delicadas, ya sea fresco en ensaladas (en rodajas) o como encurtido (en conserva). También puede prepararse y utilizarse en numerosas cocinas, como complemento de carnes o como plato principal (Reche, 2011).

En algunas zonas se ingieren sus semillas, de las que se obtiene un aceite comestible, mientras que en otras se consumen sus delicadas hojas, frescas en ensalada o cocidas, como las espinacas. A la planta, el fruto y

las semillas se les atribuyen propiedades cosméticas y terapéuticas (Fornaris, 2001).

- **Cosméticos:** *El pepinillo sirve como un eficaz hidratante de la piel debido a sus vitaminas B y C, y se utiliza en varias mascarillas y tratamientos hidratantes, además de su aplicación para el blanqueamiento de la piel.*
- **Farmacéutico:** *Sus componentes activos son mucílagos, aceites esenciales, vitamina C, carotenoides, aminoácidos y celulosa. Funciona como demulcente, antipruriginoso, emoliente, diurético y depurativo. Este tratamiento se sugiere para trastornos como la cistitis, la urolitiasis y la oliguria. Se utiliza por vía tópica para el tratamiento de la piel, en particular para la piel grasa, los comedones, la piel sensible y las arrugas (Plantas útiles: Linneo).*

3.7.4 Ventajas del cultivo de pepinillo

El pepinillo es una hortaliza poco conocida entre los horticultores, que ahora se cultiva en regiones limitadas. El potencial de exportación de este cultivo procesado puede ofrecer una nueva opción a los cultivadores, en función de las variedades o híbridos cultivados. La producción de pepinos, concentrada sobre todo en las tierras bajas, se distingue por su dulzor y su

mayor tamaño, lo que la convierte en una opción favorecida para el consumo fresco en ensaladas (Cotrina, 2012).

3.7.5 Clasificación taxonómica

Según Rojas (2005) el pepinillo tiene la siguiente clasificación

Reino: Plantae

Sub reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Dilliniidae

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: Sativus L.

Nombre científico: *Cucumis sativus*

Nombre común: Pepinillo

3.7.6 Descripción botánica

3.7.6.1 Raíz

El sistema radicular del pepinillo tiene una fuerte raíz primaria que se divide rápidamente en raíces subsidiarias, complementadas por muchos pelos finos, alargados y blancos absorbentes. Esta raíz puede alcanzar una longitud de hasta 1,2 metros, con la mayoría de sus ramas confinadas dentro de los 25 a 30 cm superiores del suelo (Góngora, 2008).

3.7.6.2 Tallo

El tallo primario del pepinillo es flexible, espinoso, de sección transversal angulosa, adornado con tricomas, de desarrollo indeterminado y con tendencia rastrera y trepadora. En cada nudo del tallo surgen una hoja y un zarcillo que permiten a la planta sostenerse. En la axila de cada hoja se forma una yema lateral junto a una o más flores (Zamudio y Reyes, 2014).

3.7.6.3 Hoja

Las hojas del pepinillo son simples, miden hasta 15 cm de longitud, incluyen un largo peciolo y una lámina acorazonada, palmeada, alterna y vellosa. El haz es verde oscuro, mientras que el envés es grisáceo. Tiene de tres a cinco lóbulos angulosos y triangulares. La epidermis tiene una cutícula fina, lo que la hace susceptible a la evaporación excesiva. Los

zarcillos, que son hojas especializadas, permiten a la planta ascender (Serrano, 1979).

3.7.6.4 Flor

La planta del pepinillo tiene flores masculinas y femeninas, lo que la clasifica como monoica y de polinización cruzada, aunque algunos tipos pueden presentar floraciones hermafroditas. Las flores masculinas están situadas en la parte inferior de la planta, la parte central tiene flores masculinas y femeninas, y la parte superior presenta principalmente flores femeninas. Las floraciones se sitúan en las axilas de las guías secundarias (CENTA, 2003).

3.7.6.5 Fruto

El fruto es una baya de pepino, caracterizada por una superficie que puede ser lisa o estar adornada con pequeñas espinas. La tonalidad va del verde pálido al verde oscuro, según el tipo. Hay dos variedades de pepinillos: los pepinillos en vinagre, que miden de 8 a 10 cm de longitud y de 3 a 5 cm de diámetro, y los pepinillos para ensalada, que oscilan entre 15 y 35 cm de longitud. La recolección se realiza antes de que el fruto alcance la madurez fisiológica (Yaguache, 2014).

3.7.6.6 Semilla

Las semillas de pepinillo son circulares, planas en los extremos y de color entre blanco y crema. Sus dimensiones oscilan entre 8 y 10 mm de longitud y 3,5 mm de grosor (Yaguache, 2014).

3.7.7 Valor nutritivo

El pepinillo tiene un alto contenido en agua y cantidades mínimas de hidratos de carbono, proteínas y lípidos, lo que lo convierte en un alimento bajo en calorías. Es una excelente fuente de fibra, vitaminas y minerales, especialmente rico en vitaminas A, B y C, así como en minerales vitales para la nutrición humana (CENTA, 2003).

Entre los minerales destacan el calcio, el cloro, el potasio y el hierro, mientras que las semillas incluyen aceites vegetales (Szalay & McKelvie, 2022).

Tabla 1

Valor nutritivo que contiene el fruto del pepinillo

Amt per Serving	%DV*	Amt per Serving	%DV*
Total Fat 0g	0%	Total Carbohydrate 2g	1%
Cholesterol 0mg	0%	Dietary Fiber 0g	0%
Sodium 1mg	2%	Sugars 0g	
Protein 0g			
Vitamin A	1%	Calcium	1%
Vitamin C	2%	Iron	1%

Fuente: (Szalay & McKelvie, 2022)

3.7.8 Fases fisiológicas del cultivo

Las etapas fenológicas del cultivo de pepinillo según (CENTA, 2003) se describen de la manera expuesta en el Cuadro N° 4.

Tabla 2

Fases fisiológicas del cultivo de pepinillo

Estado Fenológico	Días después de la siembra
Emergencia	4 - 6
Inicio de la emisión de guías	15 - 24
Inicio de la floración	27 - 34
Inicio de la cosecha	43 - 50
Fin de la cosecha	75 - 90

Fuente: (CENTA, 2003)

3.7.9 Requerimientos Edafoclimaticos

3.7.9.1 Clima

Los pepinillos son propensos a sufrir daños por frío cuando se someten a temperaturas inferiores a 10°C (50°F) durante más de tres días. Este daño se caracteriza por la aparición de regiones transparentes y acuosas en el tejido, que finalmente se transforman en texturas oscuras y gelatinosas, acompañadas de picaduras y descomposición acelerada (FAO, 2002).

El pepinillo se cultiva en climas templados, subtropicales y tropicales, desde regiones costeras hasta elevaciones de 1200 msnm Su crecimiento es más favorable en regiones cálidas, con temperaturas óptimas entre 18 y 25 °C, alcanzando un máximo de 30 °C y descendiendo a un mínimo de 10 °C (Zhang et al., 2022).

3.7.9.2 Temperatura

El pepinillo exige menos calor que el melón, aunque requiere más calor que el calabacín. El intervalo de temperatura ideal para el desarrollo oscila entre 20°C y 30°C a lo largo del día. Aunque estas fluctuaciones no repercuten notablemente en la producción, se ha demostrado que las temperaturas diurnas en torno a los 25°C mejoran la producción temprana. Las temperaturas superiores a 30°C inducen desequilibrios en las plantas,

perturbando los procesos de fotosíntesis y respiración. Por la noche, temperaturas iguales o inferiores a 12°C pueden inducir deformaciones en hojas y frutos, siendo 12°C el umbral esencial, mientras que 1°C provoca daños por heladas en las plantas (Góngora, 2008).

Las temperaturas de 27°C son ideales durante todo el periodo de crecimiento, tanto de día como de noche. Las temperaturas óptimas para la creación de la planta son 21°C durante el día y 19°C por la noche, mientras que el desarrollo del fruto necesita 19°C durante el día y 16°C por la noche (CENTA, 2003).

El uso de cubiertas múltiples en invernaderos tipo parral ha demostrado su eficacia para mejorar tanto la temperatura como el rendimiento del pepinillo (Góngora, 2008).

El cultivo prospera mejor a temperaturas que oscilan entre los 18°C y los 25°C. El desarrollo de la planta se detiene cuando las temperaturas superan los 40°C, y se detiene por completo si las temperaturas descienden por debajo de los 14°C; las plantas perecen a temperaturas inferiores a -1°C (CENTA, 2003).

3.7.9.3 Humedad

El cultivo del pepinillo prospera óptimamente con una humedad relativa moderada. No obstante, una humedad elevada aumenta la susceptibilidad de las plantas a las infecciones fúngicas (CENTA, 2003).

La humedad afecta significativamente a la floración; a medida que aumenta, la floración mejora notablemente, situándose el rango óptimo de humedad entre el 80% y el 90% (Cotrina, 1979).

3.7.9.4 Luminosidad

El pepinillo es una planta que necesita mucha luz; sin embargo, puede crecer, florecer y fructificar adecuadamente en condiciones de día corto, con menos de 12 horas de luz. No obstante, también soporta intensidades de luz elevadas, y cuando la radiación solar aumenta, su síntesis se amplifica (Zamudio & Félix, 2014).

3.7.9.5 Suelos

El pepinillo puede cultivarse en varios tipos de suelo caracterizados por una estructura suelta, un drenaje eficaz y un contenido suficiente de materia orgánica. Esta planta muestra una tolerancia moderada a la salinidad; sin embargo, una concentración excesiva de sal en el suelo impide la absorción de agua, lo que da lugar a un crecimiento atrofiado, tallos debilitados, disminución del tamaño de las hojas, coloración oscura y

desarrollo distorsionado de los frutos. Por el contrario, cuando el contenido de sal es mínimo, las plantas muestran más follaje, pero son más susceptibles a las enfermedades. El pH óptimo para el pepinillo oscila entre 5,5 y 7 (Zamudio & Félix, 2014).

Aunque el pepinillo puede prosperar en varios tipos de suelo, se desarrolla bien en suelos franco-arcillosos bien drenados. En condiciones de suelo subóptimas, es esencial proporcionar un drenaje suficiente para evitar el encharcamiento, un problema frecuente en varios cultivos. Esta planta no tolera bien la sal, y su pH óptimo oscila entre 5,5 y 6,8 (USAID-RED, 2007).

3.7.10 Variedades de pepinillo

3.7.10.1 Pepinillos para consumo fresco.

Variedades: Green Bush, Rama, E1, Ashley, Poinset, Sprint, Marketer.

3.7.10.2 Pepinillos para uso industrial.

Variedades: Calypso, Carolina, SRM- 58, Eureka, Premier, Pioneer.

Actualmente, la mayoría de los tipos de pepinillos cultivados son híbridos, que demuestran un rendimiento superior en relación con las

especies no híbridas. Las clasificaciones de estas variantes son las siguientes, según Sánchez (2004):

- *Pepino corto y pepinillo (variedad española): Frutos que no superan los 12 cm de longitud.*
- *Pepino medio-largo (variedad francesa): Longitud media de 20 a 25 centímetros.*
- *Pepino largo (tipo holandés): Variedades cuyos frutos superan los 25 cm de longitud.*

3.7.10.3 Variedad EXOCET

Es un arbusto robusto y muy productivo, con grandes frutos de color verde oscuro que miden unos 20 cm de longitud y 5 cm de diámetro.

Presenta una precocidad de 50 a 55 días. Presenta tolerancia a varios virus.

Las plantas se adaptan bien a los métodos de entutorado.

3.8 Antecedentes

Quispe & Chávez (2017) realizaron una investigación denominada «Determinación del Efecto de Microorganismos Eficientes como Fertilizante Foliar en el Cultivo de Pepinillo (*Cucumis sativus* L.)», cuyo objetivo fue evaluar la influencia de diferentes concentraciones de Microorganismos

Eficientes (ME) en la producción de pepinillo. Se disolvieron tres concentraciones de EM (10%, 50% y 80%) en 5 litros de agua y se administraron mediante un diseño experimental de bloques aleatorizados, que incluía tres repeticiones y seis tratamientos, con 12 muestras evaluadas cada tratamiento. Los resultados mostraron que la aplicación del 50% de EM en conjunto con la variedad SMR-58 alcanzó el máximo rendimiento de 14,57 kg en un área de 4,20 m².

Bocanegra (2014), en su estudio titulado «Evaluación de cuatro dosis de microorganismos eficientes sobre el rendimiento productivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en la provincia de Lamas - San Martín», buscó conocer la dosis óptima de microorganismos eficientes para el pepinillo híbrido Stonewall F1 y analizar las implicancias económicas de los tratamientos. El estudio utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBC) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando dosis de 2, 3, 4 y 5 l/ha de ME, junto a un tratamiento testigo. Los resultados indicaron que los tratamientos T4 (5 l/ha) y T2 (3 l/ha) obtuvieron los rendimientos más elevados, con 8 189,10 y 7 962,50 centenas de frutos por hectárea, respectivamente.

Goigochea (2015) realizó una investigación denominada «Efecto de la aplicación de cuatro dosis de fertilizante orgánico enriquecido con microorganismos eficientes (Ferti EM) sobre el rendimiento de frijol trepador

(*Phaseolus vulgaris*).» El objetivo fue evaluar el efecto de cuatro dosis de Ferti EM sobre el rendimiento de la variedad de frijol trepador Huasca Poroto. La estrategia experimental utilizada fue un diseño de bloques completamente al azar (CRAB), consistente en tres repeticiones y cuatro tratamientos, con dosis que oscilaron entre 0,40 t/ha y 1,20 t/ha. Los resultados demostraron que el tratamiento T3 (0,8 t/ha) alcanzó el mayor rendimiento medio de 7 529,82 kg/ha, junto con mejoras en el peso de la semilla y el recuento de vainas por planta.

Ñaupari (2015), en su estudio titulado «Evaluación de microorganismos nativos en el cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L. var. marginal 28T)», tuvo como objetivo evaluar el impacto de diferentes dosis de microorganismos nativos en la producción de este cultivo. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBC), utilizando microorganismos naturales estimulados con jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en concentraciones de hasta 6 litros por acre. Los resultados indicaron que la dosis óptima fue de 5,83 litros por hectárea de EM, lo que produjo mejoras en el diámetro del tallo, la altura de la planta, el diámetro de la espiga, el peso del grano y el rendimiento global.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Nivel, tipo y enfoque de investigación

El estudio fue de tipo aplicado, con un nivel experimental y un enfoque cuantitativo.

4.2 Ubicación del estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en Cerro Blanco, ubicado en el distrito de Calana, perteneciente a la provincia de Tacna, departamento de Tacna.

4.2.1 Ubicación geográfica.

- Latitud sur: 17° 56' 27"
- Longitud oeste: 70° 10' 58"
- Altitud: 904 m.s.n.m.

4.2.2 Antecedentes del campo experimental

El área en la que se desarrolló el presente estudio estuvo previamente cultivada con *Zea mays* (maíz), antecedida por un historial de cultivos hortícolas de amplia cobertura local. Posteriormente, el terreno estuvo en periodo de descanso agrícola (barbecho) por algunos años, propiciando la proliferación de algunas especies arvenses en determinadas zonas.

4.3 Situación del suelo

En este párrafo se muestran las condiciones reales del suelo antes de la introducción del cultivo de pepinillo. Para ello, se realizó un análisis físico y químico del suelo en el laboratorio de análisis de suelos de Arequipa, cuyos valores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados del análisis físico y químico del suelo en el área de estudio.

Análisis físico		
Textura	FAr	Franco Arenoso
Arena	59,4 %	
Limo	27,0 %	
Arcilla	13,6 %	
Calcáreos		
CaCO ₃	0,0 %	Deficiente
pH	5,55	Fuertemente ácido
C.E. (sales)	2,43 mS/cm	Salino
Análisis químico		
Materia orgánica	0,73 %	Deficiente
N (total)	0,034 %	Deficiente
P	235,93 ppm	Excesivo
K	532 ppm	Alto
CIC	13,6 meq/100	Medio

Fuente: Laboratorio de análisis químico, Arequipa (2023)

El análisis del suelo revela una textura franco arenosa, lo cual indica un buen drenaje, pero una baja capacidad de retención de agua y nutrientes. El pH, fuertemente ácido (5,55), limita la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, mientras que la alta salinidad (C.E. 2,43 mS/cm) resulta perjudicial para muchas plantas. La materia orgánica, con un 0,73%, resulta deficiente, lo que reduce la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, y el nitrógeno total es bajo (0,034%), resultando en un crecimiento vegetal pobre. El fósforo se encuentra en niveles excesivos (235,93 ppm), lo que puede causar desequilibrios nutricionales, mientras que el potasio se halla en niveles altos (532 ppm), beneficiando el crecimiento y la resistencia de las plantas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), media (13,6 meq/100g), indica una capacidad moderada para retener cationes esenciales o, en otros términos, es la habilidad del suelo para liberar moderadamente nutrientes que las plantas necesitan.

4.4 Situación meteorológica

El clima en Calana, predominantemente invernal, se caracteriza por la presencia de niebla en las mañanas y días soleados. Estas condiciones se describen mediante los datos de la estación meteorológica de Calana, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Datos hidrometeorológicos de la estación de Calana.

Año / mes / día	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
Abril	27,73	13,21	75,13	0,00
Mayo	22,44	9,94	82,79	0,09
Junio	23,05	8,39	80,43	0,01
Julio	21,14	6,08	81,40	0,06

Fuente: SENAMHI (2024).

Durante el período analizado, la temperatura máxima osciló entre 21,14°C en julio y 27,73°C en abril, mientras que la mínima varió de 6,08°C en julio a 13,21°C en abril. La humedad relativa se mantuvo elevada, alcanzando su pico en mayo con 82,79%. La precipitación fue prácticamente nula, destacando solo mayo con 0,09 mm/día, junio con 0,01 mm/día, y julio con 0,06 mm/día, lo que indica un periodo mayormente seco.

4.5 Material experimental

Los materiales experimentales que se utilizó fueron:

- a) **Semilla certificada de pepinillo variedad EXOCET:** Es una planta muy vigorosa y de gran productividad, de color verde oscuro (frutos grandes, 20 x 5 cm aproximadamente) y posee una Precocidad de 50 a 55 días.

b) Estas semillas fueron adquiridas en una tienda agrícola ubicada cerca del pesquero en la ciudad de Tacna. Se compró un total de 5 onzas de semillas, las cuales venían en bolsitas de plástico y estaban certificadas con su respectivo tratamiento. Estas semillas fueron sembradas en el área de estudio correspondiente.

c) **Microorganismos eficientes (EM):** Son una combinación de microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomices* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* (bacterias fotosintéticas o fototróficas).

En general, no existe una dosis universalmente establecida para la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en todos los cultivos, ya que la eficacia de su uso depende de múltiples variables específicas del cultivo, las condiciones edafoclimáticas y las metas agronómicas particulares. Diversos estudios científicos han documentado dosis óptimas que varían según la especie vegetal, el estado fenológico y las características del suelo. No obstante, las fichas técnicas de los productos comercializados suelen recomendar un rango de aplicación estándar de 2 a 5 litros por hectárea. Este rango se sustenta en criterios de efectividad biológica y eficiencia operativa a escala industrial, siendo considerado un intervalo apropiado para garantizar un balance adecuado entre la actividad de los microorganismos y los costos asociados.

Modos de acción de los microorganismos

Los microorganismos eficientes (ME) desempeñan un papel crucial en la mejora del rendimiento agrícola mediante múltiples mecanismos. Facilitan la disponibilidad de nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo, al transformar compuestos no asimilables en formas accesibles para las plantas, reduciendo así la dependencia de fertilizantes químicos (Li et al., 2022; Naik et al., 2020; Trivedi et al., 2017; Morcillo et al., 2022).

Además, mitigan el estrés abiótico, como la sequía y la salinidad, mediante la regulación de la homeostasis iónica y la producción de deaminasa ACC, que minimiza el impacto del etileno en condiciones adversas (Li et al., 2022; Trivedi et al., 2017).

Su capacidad de biocontrol es notable, ya que producen compuestos antimicrobianos y activan la resistencia sistémica inducida (ISR), protegiendo a los cultivos contra patógenos como *Phytophthora cinnamomi* (Ab Rahman et al., 2017; Nayak et al., 2020). Asimismo, algunos ME sintetizan fitohormonas como auxinas y giberelinas, favoreciendo el desarrollo radicular y el crecimiento general de las plantas (Naik et al., 2020; Hegde et al., 2022).

También incrementan la eficiencia fotosintética y la acumulación de biomasa gracias a microorganismos fotosintéticos como *Rhodobacter*

sphaeroides (Nayak et al., 2020; Calero et al., 2019). Cuando se combinan con bioestimulantes, como Fitomas E, los ME maximizan parámetros productivos, como el número de hojas, la masa seca y el rendimiento de los cultivos (Morcillo et al., 2022). Adicionalmente, estimulan la proliferación de microbiota beneficiosa en el suelo, fortaleciendo la salud edáfica y promoviendo un efecto duradero en la productividad y resiliencia de los sistemas agrícolas (Morcillo et al., 2022).

Estos microorganismos fueron adquiridos de la empresa Bioplant NMO SAC, dedicada a la producción de microorganismos eficientes. Según la ficha de recomendación proporcionada, las consideraciones de aplicación son de 10 a 20 litros de ME en 180 a 170 litros de agua para la solución madre por hectárea. Siguiendo este parámetro, en el estudio se aplicaron dosis de 30; 50 y 70 litros de ME por hectárea.

Las frecuencias de aplicación para todos los tratamientos según el ciclo corto del cultivo fueron las siguientes:

- **Primera:** durante el primer mes después de la emergencia de las plántulas la aplicación de ME se realizó cada 8 días hasta el término del ese mes.
- **Segunda:** al segundo mes después de la emergencia de las plántulas las aplicaciones de ME se realizó cada 15 días, hasta el

término del ciclo productivo del cultivo.

La elección de aplicar microorganismos eficientes cada 8 días durante el primer mes y cada 15 días en los meses posteriores se basa en estudios que demuestran su efectividad en el crecimiento de cultivos.

Torres *et al.* (2022) destacaron que frecuencias de 8 y 15 días mejoraron significativamente el desarrollo de plantas de rosas, mientras que Tigse (2022) también validó la aplicación quincenal en la producción de tomate riñón. Además, Acosta (2012) señaló que las frecuencias de aplicación pueden ajustarse según la experiencia agrícola local. Esta estrategia permite una colonización microbiana efectiva en las fases críticas del cultivo, seguida por un mantenimiento constante que optimiza el rendimiento del pepinillo.

4.6 Número tratamientos

Los tratamientos serán los siguientes:

- t0: sin tratamiento (testigo)
- t1: 30 l/ha, de EM.
- t2: 50 l/ha, de EM.
- t3: 70 l/ha, de EM.

4.7 Variables de respuesta

a. Altura de planta (cm)

Para esta variable se tomaron 10 plantas de manera aleatoria por cada unidad experimental. Utilizando un flexómetro de 5 metros de capacidad, se midió desde la base del tallo hasta el ápice terminal del tallo principal. Estos valores se registraron en una ficha de anotación para su posterior análisis.

b. Peso unitario de frutos (g)

En esta variable se seleccionaron de forma aleatoria 10 frutos por unidad experimental, los cuales se pesaron utilizando una balanza digital con una capacidad de 20 kg. La balanza fue calibrada y ajustada a dos décimas de lectura, en unidades de gramos. Estas medidas se registraron en una ficha de anotación para su posterior análisis.

c. Numero de frutos por planta

Para obtener un valor exacto del número de frutos por planta, se contabilizaron todas las cosechas realizadas en 10 plantas seleccionadas al azar por cada unidad experimental. Luego, los frutos se contabilizaron mediante el método visual. Estos datos se registraron en una ficha de anotación para su posterior análisis.

d. Tamaño de frutos (cm)

- **Longitud de fruto (cm)**

Se seleccionaron 10 frutos de forma aleatoria por cada unidad experimental. Luego, se midieron desde la base del fruto, donde se inserta el pedicelo, hasta el ápice terminal del fruto. Estas mediciones se realizaron con un flexómetro de 5 metros de capacidad. Los datos se registraron en una ficha de anotación para su posterior análisis.

- **Diámetro de fruto (cm)**

De acuerdo a la variable anterior, se utilizó 10 frutos seleccionados previamente de manera aleatoria por unidad experimental. Se midió de forma transversal utilizando un flexómetro de 5 metros de capacidad, enfocándose en la parte media del fruto. Los datos obtenidos se registraron para su posterior análisis.

e. Rendimiento total (t/ha)

Para esta variable, se consideraron todas las cosechas realizadas, alcanzando un total de cuatro series. Se sumaron los rendimientos por cada unidad experimental y, posteriormente, se promediaron por tratamiento. Finalmente, estos valores se extrapolaron a una hectárea de producción mediante una regla de tres simple, considerando el área de estudio. Los valores finales se registraron en el software Excel para su posterior análisis.

4.8 Diseño experimental

De acuerdo a las condiciones de campo el diseño utilizado fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones y su modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ bloques.

Y_{ij} = la j – ésima observación del i – ésimo tratamiento. μ = es la media general del experimento.

τ_i = es el efecto del tratamiento.

β_j = efecto debido al j – ésimo bloque.

ε_{ij} = es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij} .

4.9 Características del campo experimental

a) Campo experimental

- Largo: 20 m
- Ancho: 20 m
- Área total: 400 m²

b) Características de los bloques

- Largo: 20 m
- Ancho: 4 m
- Área total: 80 m²

c) Características de la unidad experimental

- Largo: 5 m
- Ancho: 4 m
- Área total: 20 m²
- Distanciamiento entre plantas: 0.30m
- Distanciamiento entre líneas: 1.00 m
- Número de plantas por golpe: 2 plantas.

4.10 Aleatorización del campo experimental

Figura 1. Campo experimental (distribución de tratamientos)

20 M				
			5M	
T0	T1	T2	T3	B1
T2	T0	T3	T1	B2
T3	T2	T1	T0	B3
T2	T3	T0	T1	B4
T1	T0	T3	T2	B5

20 M

4.11 Análisis de datos

Se procedió a realizar los análisis estadísticos utilizando la técnica de análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación de 0,05. Para la comparación de medias, se empleó la prueba de Tukey al mismo nivel de significación. Para una mayor eficiencia en el análisis, se utilizó el software Infostat.

4.12 Conducción del Cultivo de Pepinillo

4.12.1 Preparación del Terreno

El terreno de 400 m² (20 m x 20 m) fue preparado mediante un arado con pico seguido de dos rastreadas para desmenuzar los terrones y nivelar la superficie. Esto garantizó un buen contacto entre el suelo y las raíces, y facilitó el drenaje, evitando problemas de encharcamiento. El preparado del terreno se efectuó una semana anterior a la siembra.

4.12.2 Delineación de los Bloques

El campo experimental se dividió en bloques de 100 m² (10 m x 10 m) cada uno. Dentro de estos bloques, se delinearon las unidades experimentales de 25 m² (10 m x 2,5 m), con un distanciamiento de 1 metro entre las líneas y 0,30 metros entre las plantas. Cada unidad contenía 2 plantas por golpe, asegurando una distribución homogénea.

4.12.3 Incorporación de Materia Orgánica

Se incorporó compost bien descompuesto al suelo a razón de 10 toneladas por hectárea, distribuyéndolo uniformemente y mezclándolo con la capa superior del suelo. Esto mejoró la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y nutrientes, y aumentó la actividad microbiana.

4.12.4 Siembra

Se sembraron las semillas certificadas de pepinillo variedad EXOCET, adquiridas en Tacna. Las semillas se plantaron directamente en el campo, en los golpes previamente marcados, a una profundidad de 1-2 cm. La siembra se realizó en filas con un distanciamiento de 1 metro entre líneas y 0,30 metros entre plantas.

4.12.5 Riego

Se aplicó riego por goteo para asegurar un suministro constante y uniforme de agua, evitando el encharcamiento y minimizando la evaporación. El riego se ajustó según las necesidades del cultivo, aumentando la frecuencia en los períodos de mayor crecimiento y reduciéndola durante la maduración.

4.12.6 Deshierbos

Se realizaron deshierbos manuales cada dos semanas para mantener el campo libre de malezas, las cuales compiten por nutrientes, agua y luz. Se prestó especial atención a los primeros estadios de crecimiento, donde las plantas de pepinillo son más susceptibles a la competencia de las malezas.

4.12.7 Poda

La poda se llevó a cabo para eliminar brotes laterales y hojas viejas, mejorando la aireación y la penetración de luz en la planta. Esto también ayudó a prevenir enfermedades y a dirigir los recursos de la planta hacia la producción de frutos.

4.12.8 Aplicación de Microorganismos Eficientes (EM)

Se aplicaron los microorganismos eficientes adquiridos de Bioplant NMO SAC, a razón de 1,50, 2,50 y 3,50 litros por 20 litros de agua, siguiendo las recomendaciones del fabricante. La aplicación se realizó cada 8 días durante el primer mes y luego cada 15 días. Es destacable señalar que las aplicaciones se realizaron tanto a nivel foliar como al suelo mismo.

4.12.9 Control de Plagas

Se monitorearon regularmente las plantas para detectar cualquier signo de plagas. Se utilizaron métodos biológicos y mecánicos para el control, como la introducción de insectos benéficos y la eliminación manual de plagas. En casos severos, se aplicaron insecticidas orgánicos compatibles con la certificación del cultivo.

4.12.10 Control de Enfermedades

Para el control de enfermedades, se aplicaron fungicidas orgánicos preventivos y curativos según las necesidades. Además, se mantuvo una buena higiene del campo y se eliminaron las plantas infectadas para evitar la propagación de enfermedades.

4.12.11 Cosecha

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron un tamaño óptimo de aproximadamente 20 cm de longitud y 5 cm de diámetro. Los frutos se recolectaron manualmente en intervalos regulares, asegurando que se evitaran daños mecánicos. Se registraron los datos de peso, número y tamaño de los frutos para su posterior análisis.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Resultados

5.1.1 Altura de planta (cm)

Tabla 5

Análisis de varianza de altura de planta (cm) el cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	195,44	4	48,86	0,47	0,76 ^{ns}
Tratamientos	1 596,99	3	532,33	5,12	0,02 [*]
Error	1 247,86	12	103,99		
Total	3 040,29	19			
Cv: 7,03%	ns: no significativo			(*): significativo	

En la tabla 5, el análisis de varianza realizado evidencia que el factor bloques no incide de manera significativa sobre la altura de las plantas ($p = 0,76$), lo que sugiere que la variabilidad atribuida a los bloques es estadísticamente irrelevante. En contraste, el factor tratamientos presenta una influencia significativa ($p = 0,02$), indicando que existen diferencias estadísticamente detectables entre los tratamientos evaluados.

El coeficiente de variación (CV = 7,03%) refleja un nivel de variabilidad controlada y aceptable dentro de los parámetros experimentales, asegurando la fiabilidad del estudio.

Tabla 6

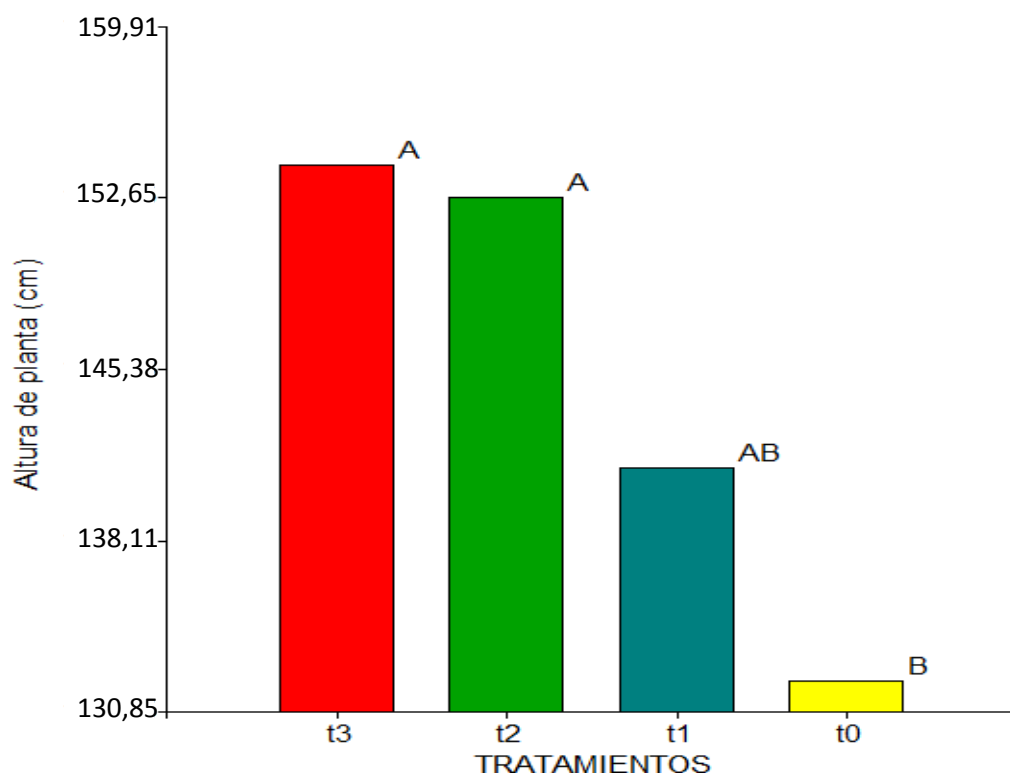
Prueba Tukey de altura de planta (cm) en cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.

Tratamientos	Media (cm)	Significación al 0,05	
T3	154,03	A	
T2	152,65	A	
T1	141,17	A	B
T0	132,17		B

De acuerdo a la tabla 6, la prueba de comparación múltiple de Tukey revela que los tratamientos T3 (154,03 cm) y T2 (152,65 cm) no muestran diferencias significativas entre sí, perteneciendo ambos al grupo "A". El tratamiento T1 (141,17 cm) se clasifica en los grupos "A" y "B", lo que indica que su media no es significativamente distinta de los tratamientos T3 y T2, pero sí presenta diferencias respecto al tratamiento T0. Por último, el tratamiento t0 (132,17 cm) se diferencia significativamente del resto, siendo el único clasificado exclusivamente en el grupo "B". Esto sugiere que el tratamiento T0 produjo plantas significativamente más bajas en comparación con T3, T2 y T1, mientras que los tratamientos T3 y T2

generaron las plantas más altas sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Figura 2. Gráfico de barras de altura de planta (cm)



Según la figura 2, el gráfico muestra que los tratamientos T3 y T2, con las mayores alturas de planta, no difieren significativamente entre sí (grupo "A"). El tratamiento T1 es intermedio, compartiendo similitud con T3 y T2, pero también diferenciándose de T0 (grupo "B"), que presenta la menor altura.

5.1.2 Peso unitario de frutos (g)

Tabla 7

Análisis de varianza de peso unitario de frutos (g) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	189,54	4	47,38	0,52	0,73 ^{ns}
Tratamientos	2 149,55	3	716,52	7,80	0,00*
Error	1 101,78	12	91,81		
Total	3 440,86	19			
Cv: 8,92%	ns: no significativo			(*): significativo	

En la tabla 7, el análisis de varianza indica que los bloques no tienen un efecto significativo sobre el peso unitario de los frutos ($p = 0,73$), lo que sugiere que las diferencias entre los bloques no contribuyen de manera notable a la variabilidad observada. Sin embargo, los tratamientos muestran un efecto significativo ($p = 0,00$), evidenciando que al menos uno de los tratamientos influye de forma considerable en el peso de los frutos.

El coeficiente de variación ($CV = 8,92\%$) sugiere una variabilidad aceptable en los datos experimentales.

Tabla 8

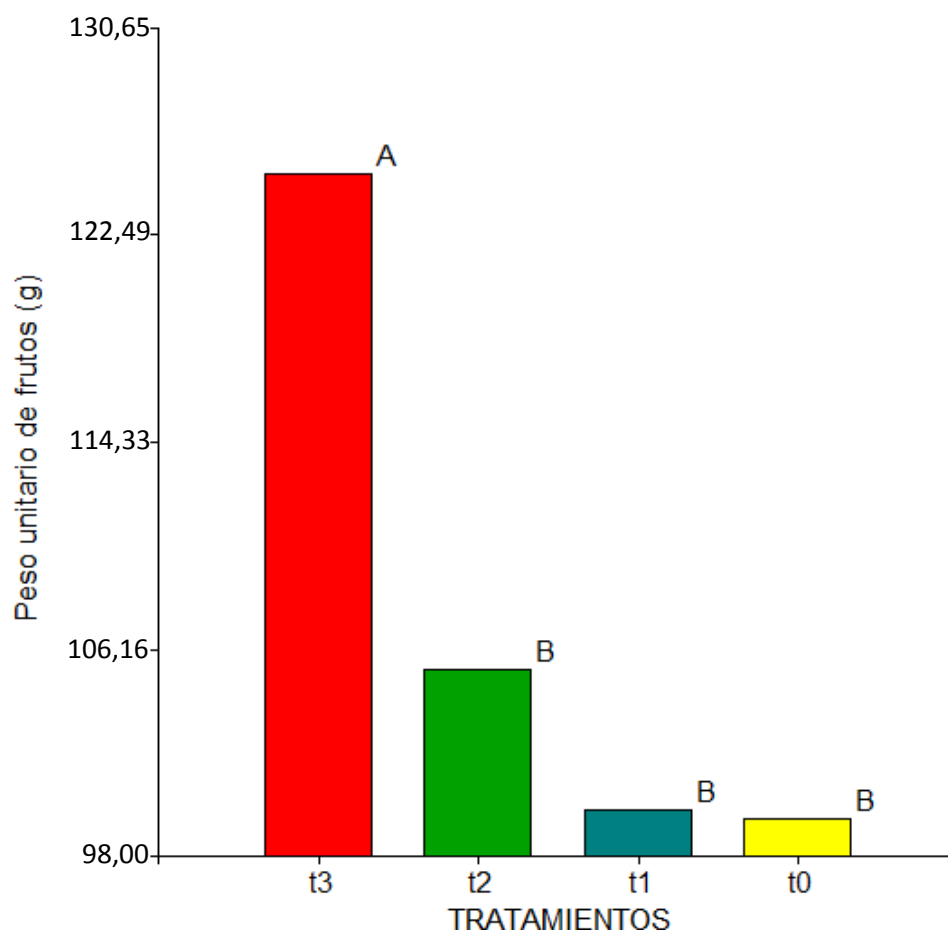
Prueba Tukey de peso unitario de frutos (g) en cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

Tratamientos	Media (g)	Significación al 0,05	
T3	124,88	A	
T2	105,34		B
T1	99,83		B
T0	99,48		B

De acuerdo a la tabla 8, la prueba de Tukey muestra que el tratamiento T3, con un peso medio de 124,88 g, pertenece al grupo "A", lo que indica que es significativamente mayor que los otros tratamientos. Los tratamientos T2, T1 y T0, cuyas medias son 105,34 g, 99,83 g y 99,48 g respectivamente, se agrupan en el grupo "B", lo que sugiere que no presentan diferencias significativas entre ellos, pero sí respecto al tratamiento T3.

Figura 3. Gráfico de barras de peso unitario de frutos (g)



Según la figura 3, el gráfico indica que el tratamiento T3 produjo frutos con el mayor peso unitario (124,88 g), perteneciendo al grupo "A". Los tratamientos T2, T1 y T0, con pesos menores y sin diferencias significativas entre sí, están agrupados en "B". Esto sugiere que T3 es el tratamiento más eficaz para aumentar el peso de los frutos en comparación con los otros tratamientos.

5.1.3 Número de frutos por planta (Unidad)

Tabla 9

Análisis de varianza de Número de frutos por planta (unidad) el cultivo de pepinillo var. Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	22,50	4	5,63	4,25	0,02 ^{ns}
Tratamientos	16,60	3	5,53	4,18	0,06 ^{ns}
Error	15,90	12	1,32		
Total	55,00	19			

Cv: 12,12% ns: no significativo (*): significativo

De acuerdo a la tabla 9, el análisis de varianza de número de frutos por planta muestra que ni los bloques ($p = 0,02$) ni los tratamientos ($p = 0,06$) presentan efectos significativos sobre el peso unitario de los frutos, ya que ambos valores de p son mayores que 0,05.

El coeficiente de variación ($CV = 12,12\%$) indica una variabilidad moderada en los datos.

5.1.4 Longitud de fruto (cm)

Tabla 10

Análisis de varianza de longitud de fruto (cm) el cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	1,72	4	0,43	0,51	0,73 ^{ns}
Tratamientos	7,27	3	2,42	2,85	0,08 ^{ns}
Error	10,21	12	0,85		
Total	19,19	19			

Cv: 4,68% ns: no significativo

De acuerdo a la tabla 10, el análisis de varianza revela que ni los bloques ($p = 0,73$) ni los tratamientos ($p = 0,08$) presentan efectos estadísticamente significativos sobre la longitud del fruto, ya que los valores de p superan el umbral de 0,05. Esto sugiere que las variaciones observadas entre los bloques y los tratamientos no son lo suficientemente marcadas como para ser consideradas significativas.

El coeficiente de variación ($CV = 4,68\%$) indica una baja dispersión de los datos en relación con la media, lo que refleja una buena precisión experimental, aunque sin diferencias claras atribuibles a los factores estudiados.

5.1.5 Diámetro de frutos (cm)

Tabla 11

Análisis de varianza de diámetro de fruto (cm) el cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	1,32	4	0,33	1,03	0,43 ^{ns}
Tratamientos	6,92	3	2,31	7,18	0,01 [*]
Error	3,85	12	0,32		
Total	12,09	19			

Cv: 8,39% ns: no significativo (*): significativo

De acuerdo a la tabla 11, el análisis de varianza indica que los bloques no tienen un efecto significativo sobre el diámetro del fruto ($p = 0,43$), lo que sugiere que las diferencias entre ellos no influyen de manera relevante en la variable estudiada. En cambio, los tratamientos muestran un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,01$), evidenciando diferencias importantes entre los tratamientos aplicados.

El coeficiente de variación ($CV = 8,39\%$) indica una variabilidad moderada en los datos, demostrando una influencia notable de los tratamientos en el diámetro del fruto.

Tabla 12

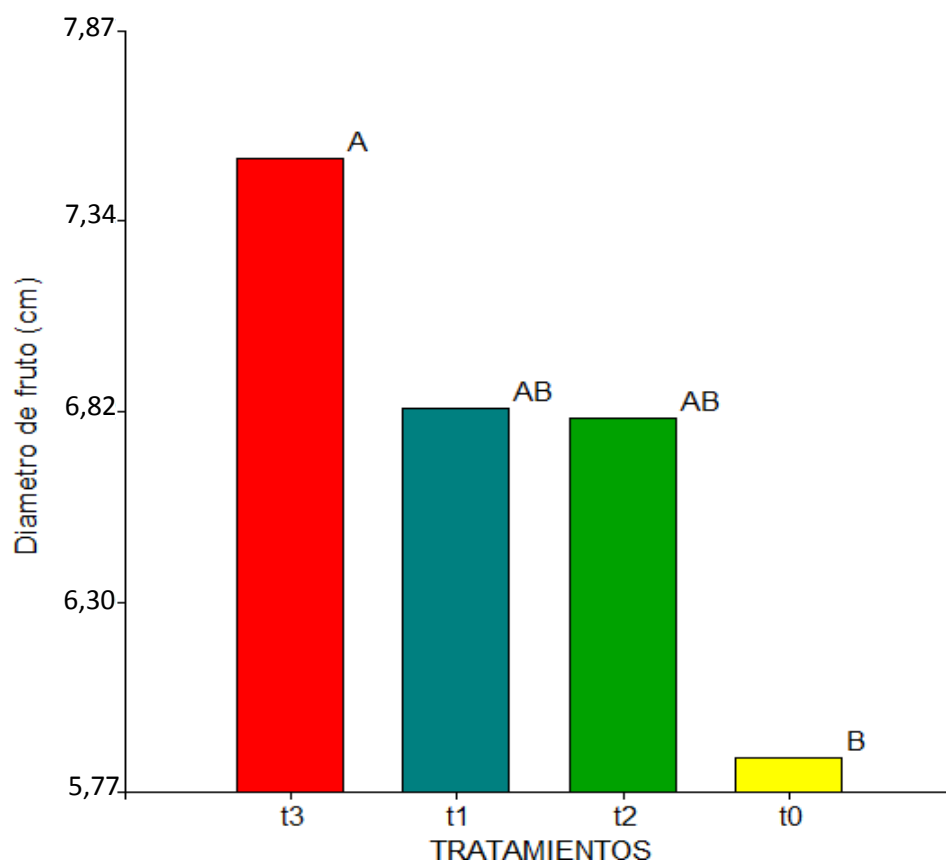
Prueba Tukey de diámetro de fruto (cm) en cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

Tratamientos	Media (cm)	Significación al 0,05	
T3	7,52	A	
T1	6,83	A	B
T2	6,80	A	B
T0	5,87		B

Según tabla 12, en la prueba de Tukey, el tratamiento T3 presentó el mayor diámetro promedio de fruto (7,52 cm) y fue clasificado en el grupo "A", lo que lo diferencia significativamente de T0, que tuvo el menor diámetro (5,87 cm) y fue clasificado en el grupo "B". Los tratamientos T1 y T2, con diámetros de 6,83 cm y 6,80 cm, respectivamente, comparten las letras "A" y "B", lo que indica que no difieren significativamente de T3 ni de T0, pero se encuentran en una posición intermedia.

Figura 4. Gráfico de barras de diámetro de fruto (cm)



Según la figura 4, el gráfico de barras muestra el diámetro promedio de frutos según los distintos tratamientos. El tratamiento T3 obtuvo el mayor diámetro de fruto con 7,52 cm, ubicándose en el grupo "A" de significancia. Los tratamientos T1 (6,83 cm) y T2 (6,80 cm) no presentan diferencias significativas entre ellos, ubicándose en el grupo "AB". El tratamiento T0, con un diámetro de 5,87 cm, mostró el menor valor, siendo clasificado en el grupo "B".

5.1.6 Rendimiento total (t/ha)

Tabla 13

Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) el cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	3,33	4	0,83	1,18	0,37 ^{ns}
Tratamientos	20,40	3	6,80	9,65	0,00*
Error	8,46	12	0,70		
Total	32,19	19			

Cv: 3,74% ns: no significativo (*): significativo

De acuerdo a la tabla 13, el análisis de varianza del rendimiento total del cultivo de pepinillo (var. Exocet) muestra que los bloques no presentaron diferencias significativas ($p = 0,37$), indicando que no contribuyen a la variabilidad del rendimiento. Sin embargo, los tratamientos sí fueron significativamente diferentes ($p = 0,00$), con un valor F de 9,65, lo que indica que las prácticas implementadas en los distintos tratamientos impactaron significativamente en el rendimiento total.

El coeficiente de variación (CV) de 3,74% indica un nivel aceptable de precisión experimental.

Tabla 14

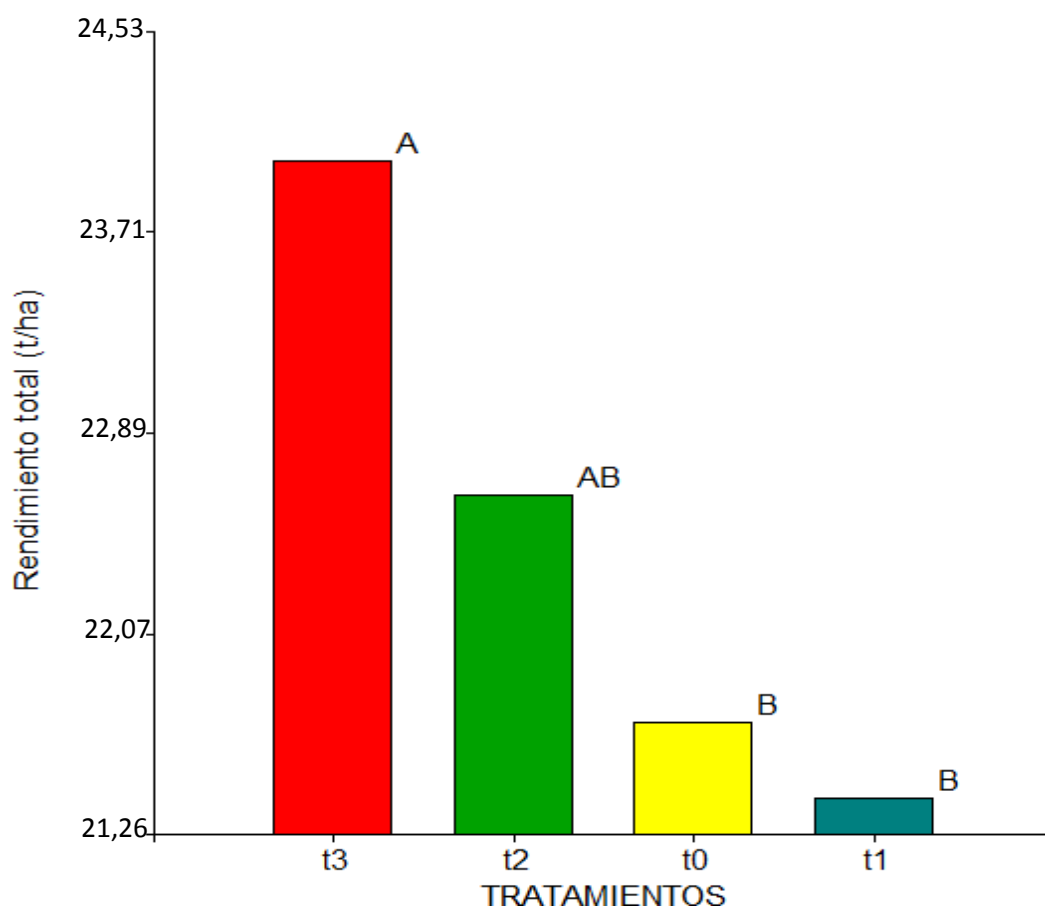
Prueba Tukey de rendimiento total (t/ha) en cultivo de pepinillo var.

Exocet, 2024.

Tratamientos	Medias	Significación al	0,05
T3	24,00	A	
T2	22,64	A	B
T0	21,72		B
T1	21,41		B

Según la tabla 14, la prueba de Tukey para el rendimiento total (t/ha) muestra que el tratamiento T3 (24,00 t/ha) obtuvo el mayor rendimiento, siendo significativamente diferente del tratamiento T1 (21,41 t/ha), que presentó el menor rendimiento. El tratamiento T2 (22,64 t/ha) comparte un grupo común con T3 y T0, mientras que T0 (21,72 t/ha) y T1 se ubican en el mismo grupo. Esto indica que T3 se destaca como el tratamiento más efectivo, mientras que los otros tratamientos presentan rendimientos más homogéneos entre sí.

Figura 5. Gráfico de barras de rendimiento total (t/ha)



Según la figura 5, el gráfico de barras muestra el rendimiento total según los distintos tratamientos. El tratamiento T3 obtuvo el mayor rendimiento total con 24,00 t/ha, ubicándose en el grupo "A" de significancia. El tratamiento T2 (22,64 t/ha) se ubica en el grupo "AB". Los tratamientos T0 (21,72 t/ha) y T1 (21,41 t/ha), no mostraron diferencias significativas entre sí, ubicándose en el grupo "B".

5.2 Discusiones

5.2.1 Altura de planta (cm)

El análisis de varianza de la altura de planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), lo que indica que los distintos tratamientos influyeron de manera sustancial en el crecimiento de la planta. Según la prueba de Tukey, el tratamiento 3 (T3) presentó la mayor altura con 154,03 cm. Este resultado es consistente con los obtenidos por Ñaupari (2015), quien encontró que el uso de microorganismos eficientes (ME) incrementa significativamente la altura de las plantas, al mejorar la absorción de nutrientes y estimular el crecimiento vegetativo. La diferencia en la altura de las plantas entre tratamientos puede estar relacionada con una mejor disponibilidad de nutrientes gracias al uso de ME, como se observa en estudios previos donde la aplicación de dosis óptimas de ME promueve un crecimiento superior en altura en diversas especies vegetales.

5.2.2 Peso unitario de frutos (g)

En el análisis de peso unitario de frutos, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,01$), con el tratamiento T3 obteniendo el mayor peso unitario (124,88 g). Estos resultados sugieren que el tratamiento aplicado en T3 proporcionó una mejor absorción de

nutrientes y un ambiente más favorable para el desarrollo de frutos de mayor tamaño. Estudios como los de Bocanegra (2014) y Goigochea (2015) también han reportado incrementos en el peso de frutos cuando se utilizan microorganismos eficientes o fertilizantes orgánicos enriquecidos con ME, lo que respalda los hallazgos del presente estudio. La diferencia observada entre los tratamientos puede deberse a una mayor eficiencia en la fotosíntesis y acumulación de biomasa en los frutos, promovida por el uso de ME.

5.1.1 Número de frutos por planta (unidad)

El análisis de varianza para el número de frutos por planta no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,06$), aunque se observó una tendencia hacia la significancia, lo que indica que los tratamientos podrían tener un efecto incipiente en esta variable. Estos resultados coinciden parcialmente con los estudios de Bocanegra (2014), quien reportó un aumento significativo en el número de frutos al utilizar microorganismos eficientes en el cultivo de pepinillo. Aunque no se alcanzó la significancia estadística en este caso, es posible que factores externos como la variabilidad ambiental o la densidad de plantación hayan influido en los resultados. La aplicación de ME podría haber generado un entorno más favorable para la formación de frutos, pero no fue suficiente para mostrar una diferencia estadísticamente significativa en este experimento.

5.1.2 Longitud de fruto (cm)

En cuanto a la longitud del fruto, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Estos resultados concuerdan en parte con lo observado por Quispe y Chávez (2017), quienes, al aplicar ME en diferentes concentraciones sobre el cultivo de pepinillo, encontraron que el tratamiento con la concentración más alta (80%) no presentó incrementos significativos en el tamaño de los frutos en comparación con los tratamientos de menor concentración. Este comportamiento podría explicarse por la saturación de la respuesta del cultivo frente a dosis elevadas de tratamientos, lo que sugiere que más allá de un cierto umbral de aplicación, no se obtiene una respuesta favorable en términos de crecimiento del fruto. En contraste, el estudio de Ñaupari (2015) en maíz reportó que el diámetro de la mazorca aumentaba proporcionalmente con dosis crecientes de ME, hasta un límite. Esto podría indicar que la respuesta de los cultivos a los microorganismos depende en gran medida de la especie vegetal y del tipo de respuesta fisiológica evaluada.

5.2.3 Diámetro de fruto (cm)

El diámetro de fruto fue la única variable en la que se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,01$). El tratamiento t4 obtuvo el mayor diámetro, con 7,52 cm, destacándose significativamente frente al tratamiento T0 (5,87 cm). Estos resultados son congruentes con las investigaciones de Bocanegra (2014) y Goigochea (2015), quienes reportaron mejoras en el rendimiento y el tamaño de los frutos tras la aplicación de microorganismos eficientes. Bocanegra (2014) encontró que el tratamiento con 5 l/ha de ME en pepinillo proporcionó los mayores rendimientos en frutos por hectárea, mientras que Goigochea (2015) observó que dosis de 0,8 t/ha de Ferti EM incrementaron significativamente el peso y número de semillas en frijol. La consistencia de estos hallazgos sugiere que el uso de productos biológicos, como los microorganismos eficientes, puede mejorar el crecimiento y desarrollo de los frutos, especialmente en cuanto a su diámetro, lo que podría estar relacionado con una mejor absorción de nutrientes o una mayor actividad metabólica de las plantas bajo estos tratamientos.

5.2.4 Rendimiento total (t/ha)

El análisis de varianza para el rendimiento total mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,01$), siendo t4 el tratamiento con el mayor rendimiento (24 t/ha). Estos resultados están en línea con lo reportado por Quispe y Chávez (2017), quienes encontraron que el tratamiento con una concentración del 50% de EM proporcionó el mayor rendimiento en el cultivo de pepinillo, alcanzando 14,57 kg en una parcela de 4,2 m². Además, Bocanegra (2014) encontró que la aplicación de 5 l/ha de ME resultó en el mayor rendimiento en pepinillo, con 8 189 cientos de frutos por hectárea. El hecho de que el tratamiento t4 en este estudio haya alcanzado el mayor rendimiento puede estar relacionado con la dosis aplicada, que podría haber optimizado el equilibrio nutricional y las condiciones del suelo, lo que concuerda con las observaciones previas de Ñaupari (2015), quien destacó que dosis óptimas de ME mejoran significativamente el rendimiento en cultivos. Estos hallazgos resaltan la importancia de determinar la dosis adecuada de microorganismos para maximizar los rendimientos agrícolas en diferentes condiciones de cultivo.

CONCLUSIONES

El estudio realizado en el distrito de calana evaluó el efecto de cuatro dosis de microorganismos eficientes en cultivo de pepinillo, donde se encontró que, el tratamiento T3 (70 l/ha de microorganismos eficientes) destacó en el rendimiento total, obteniendo el mayor valor con 24,00 t/ha. En cuanto a las demás variables, T3 también sobresalió en el diámetro de fruto con 7,52 cm y en el peso unitario de frutos con 124,88 g, mostrando diferencias significativas frente a los demás tratamientos. Para la altura de planta, T3 alcanzó 154,03 cm, mientras que en el número de frutos por planta y longitud de fruto no presentaron diferencias significativas, aunque T3 mostró una tendencia superior.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que futuros investigadores exploren ajustes finos en las concentraciones y combinaciones de tratamientos evaluados, especialmente aquellos que demostraron un impacto significativo en el rendimiento y peso unitario de los frutos. Esta investigación podría centrarse en identificar la dosis óptima que maximice la eficiencia agronómica y minimice el impacto ambiental.

A partir de los resultados obtenidos con la variedad Exocet, sería recomendable incorporar el estudio de diversas variedades de pepinillo, tanto comerciales como autóctonas. Esto permitiría identificar variedades con mejor respuesta a los tratamientos y contribuiría al mejoramiento genético del cultivo.

Considerando el impacto significativo de los tratamientos en las variables evaluadas, es crucial incluir en futuras investigaciones un análisis de costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica de las prácticas agronómicas propuestas. Esto permitiría obtener recomendaciones no solo desde una perspectiva productiva, sino también financiera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab Rahman, S. F. S., Singh, E., Pieterse, C. M., & Schenk, P. M. (2018). Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Science*, 267, 102-111.
- Acosta Almánzar, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica.
- Amador, M. (2001). La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. IICA.
- Apthapi, 3(3): 652-666 pp. Consultado 17 jul 2024 Disponible en <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/182>
- Bocanegra Villanueva, A. S. (2014). Evaluación de cuatro dosis de microorganismos eficientes en rendimiento productivo del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en la provincia de Lamas-San Martín.
- Calero-hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., OLIVERA-VICIEDO, D. I. L. I. E. R., Peña-Calzada, K., & Jiménez-Hernández, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33.

- Calero-Hurtado, A.; Quintero-Rodríguez, E.; Pérez-Díaz, Y.; González-Pardo, Y.; González-Lorenzo, TN. (2019). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(2): e1167. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- Callisaya Quispe, Y. y Fernández-Chávez, CM. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla (en línea).
- Casaca, AD. (2005). El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) (en línea). PROMOSTA. Consultado 8 de julio de 2024. Disponible en <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>
- CENTA, (2003). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Y Forestal. Guía técnica Cultivo del pepino. 44 p.
- Cotino, Y Ojeda. (2006). Microorganismos Eficientes: Impacto en la agricultura y la ganadería. Notas Técnicas. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). 24 p.
- Cotrina, F. (1979). Cultivo del pepinillo. Ministerio de agricultura. Ed. Barcelona, España. 16 p.
- Cruz-Coronado & Monge-Pérez. (2019). Producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en un ambiente protegido: evaluación de dos genotipos

(en línea). UNED Research Journal. 11(3), 410-417 p. consultado 06 julio 2024. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v11n3/1659-4266-cinn-11-03-00410.pdf>

Delgado-Zegarra, J., Alvarez-Risco, A., & Yáñez, J. A. (2018). Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42, e3.

EMPROTEC, (2001). *Manual Práctico de Uso de EM. Productos del Trópico Húmedo S. A. Costa Rica*, 36p.

FAO. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo: pepino*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm#bm08..2.4.5>

Fornaris, G. (2001). *Conjunto tecnológico para la producción de pepinillo de ensalada. Guía técnica. Colegio de ciencias agrícolas. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico* 17p.

Goigochea Pinchi, D. (2015). “Efecto de la aplicación de cuatro dosis de fertilizante orgánico enriquecido con microorganismos eficientes (ferti em) en el rendimiento de grano seco del frijol trepador (*phaseolus vulgaris*) variedad huasca poroto en el distrito de Lamas.

Góngora, E., (2008). Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis de grado. Facultad de ingeniería. Especialidad en ingeniería de invernaderos. Santiago de Querétaro- México.

Hegde, S. G., Duhan, D. S., & Karande, P. J. (2022). A review on biopriming in vegetable crops for yield and quality traits. *Vegetable Science*, 49(02), 248-258.

Higa, T. (2002). Una Revolución para Salvar la Tierra. Traducción Ma. Del Mar Riera. EM Research Organization. Okinawa. Japón. Versión en español. 352p

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), (2013). Guía de manejo de microorganismos eficientes Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura

Jiménez, A.G.E. (2010). Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora de pepinillo, en la parroquia Sangolqui, cantón Rumiñahui; y su UMSA - Ingeniería Agronómica Bibliografía Yoselin Callisaya Quispe 121 comercialización en la ciudad de Quito. Tesis de grado. Facultad de ciencias administrativas y económicas. Quito-Ecuador.

Li, J., Wang, J., Liu, H., Macdonald, C. A., & Singh, B. K. (2022). Application of microbial inoculants significantly enhances crop productivity: a meta-analysis of studies from 2010 to 2020. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 1(3), 216-225.

Mauz, F. (2006) Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio ambiente. Traducción Marie Luise Schicht. RBA libros Barcelona. 235 p.

Mora, A., Moreno, A. G. M., López-Espinoza, A., Martínez-Rodríguez, T. Y., Bernal-Gómez, S. J., & Hun, N. (2024). Determinantes conductuales del consumo de frutas y verduras en escolares. Una perspectiva. *Journal of Behavior and Feeding*, 4(7), 47-55.

Morcillo, R. J. L., Baroja-Fernández, E., López-Serrano, L., Leal-López, J., Muñoz, F. J., Bahaji, A., ... & Pozueta-Romero, J. (2022). Cell-free microbial culture filtrates as candidate biostimulants to enhance plant growth and yield and activate soil-and plant-associated beneficial microbiota. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1040515.

Moya, J. C. (2012). Como Hacer Microorganismos Eficientes. Costa Rica: ASA Heredia.

- Naik, K., Mishra, S., Srichandan, H., Singh, P. K., & Choudhary, A. (2020). *Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. Sustainable Environment Research. 30: 10.*
- Nayak, N., Sar, K., Sahoo, B. K., & Mahapatra, P. (2020). Beneficial effect of effective microorganism on crop and soil-a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(4), 3070-3074.*
- Ñaupari Alcoser, E. (2015). Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en cultivo de Zea mays L.(Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo.
- OISCA, B. I. (2009). Manual Práctico de Uso de EM. Uruguay: N° 1
- Parra Terraza, S., Baca Castillo, G. A., Tirado Torres, J. L., Villarreal Romero, M., Sánchez Peña, P., & Hernández Verdugo, S. (2009). Calidad del fruto, composición y distribución de elementos minerales en pepino en respuesta a silicio y al potencial osmótico de la solución nutritiva. *Terra Latinoamericana, 27(2), 123-131.*
- Quispe, Y. C., & Chávez, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), municipio de Achocalla: Yoselin Callisaya Quispe, Celia María Fernández Chávez. *Apthapi, 3(3), 652-666.*

Ramirez R. (2006). Tecnología de Microorganismos efectivos (EM) aplicada a la Agricultura y Medio Ambiente Sostenible. Especialidad en Ingeniería Ambiental, Bucaramanga. Colombia.

Rasheed, SMS., Mohammed-Ahmed, J., Mohammad-Din, O., Rafeed-Farreq, S. (2020). Effect of humic acid and em1 fertilizers on growth and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.) under plastic house conditions (en línea). Journal of University of Duhok., 23(2): 78-89 pp. Consultado 17 jul 2024. Disponible en <https://doi.org/10.26682/ajuod.2020.23.2.11>

Reche, J., (2011) cultivo del pepino en invernadero. ed. ministerio ambiente y medio rural y marino. Madrid- España.261p.

Rojas, F. (2005). Catálogo de plantas, Botánica Sistemática. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 78 p

S.A.G Servicio Agrícola y Ganadero. (2013). Agricultura Orgánica Nacional. Bases Técnicas y situación actual. Chile.

Sáenz, F. (1999) Elaboración de un cultivo de microorganismos Ciencias del Suelo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus.

Sánchez, R, C. (2004). Cultivo y Comercialización de Hortalizas. Perú, RIPALME E.I.R.L. 122 pp.

- Serrano, Z. (1979). Cultivo de Hortalizas de Invernadero, Barcelona, España. AEDOS. 89–251 pp.
- Soto, G., (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. ed. Multiprint. Turrialba. Costa Rica. 111 p.
- Szalay, J., & McKelvie, C. (2022). *Cucumbers: Nutrition facts and health benefits*. Live Science. <https://www.livescience.com/51000-cucumber-nutrition.html>
- Tigse Cuzco, D. G. (2022). Efecto de los microorganismos de montaña en la producción de tomate riñón (*solanum lycopersicum* L.), en Chaltura (Bachelor's thesis).
- Torres Pérez, J. C., Aguilar Jiménez, C. E., Vázquez Solís, H., Solís López, M., Gómez Padilla, E., & Aguilar Jiménez, J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 9(1).
- Trivedi, P., Schenk, P. M., Wallenstein, M. D., & Singh, B. K. (2017). *Tiny microbes, big yields: enhancing food crop production with biological solutions*. *Microb Biotechnol* 10: 999–1003.
- USAID-RED, (2007). Producción de pepino. Manual de producción. Proyecto de diversificación económica rural.

Van Haeff J.N.M., Berlijn J. (1997). "Horticultura". 6ta reimpr. Editorial Trillas. México, D.F. p. 39 – 81.

Yaguache P. J., (2014). Estudio del comportamiento agronómico de cuatro híbridos de pepino (*Cucumis sativus*); bajo un programa de corte en estado de pepinillos para exportación, en la zona de Babahoyo. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Los Ríos, Ecuador.

Zamudio, B., & Félix, A. (2014). *Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México* (Folleto técnico). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sitio Experimental Metepec. <https://docplayer.es/18295309-Produccion-de-pepino-bajo-invernadero-en-valles-altos-del-estado-de-mexico.html>

Zhang, F., Luo, J., Yuan, C., Li, C., & Yang, Z. (2022). *A Model for the Effect of Low Temperature and Poor Light on the Growth of Cucumbers in a Greenhouse*. *Agronomy*, 12(12), 2992.

ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción.

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Costos directos				
<i>Alquiler de terreno</i>	Mes	3,00	250,00	750,00
<i>Laboreo del suelo</i>	jornal	2,00	70,00	140,00
<i>Análisis del suelo</i>	análisis	1,00	85,00	85,00
<i>Estiercol</i>	kg	150,00	2,00	300,00
<i>Cinta métrica (50 m)</i>	unidad	1,00	70,00	70,00
<i>Semilla</i>	millar	3,00	60,00	180,00
<i>Balanza eléctrica</i>	unidad	1,00	150,00	150,00
<i>Cinta de riego</i>	rollo	1,00	650,00	650,00
<i>Control fitosanitario</i>	frasco	6,00	100,00	600,00
<i>Microorganismos Eficientes (EM)</i>	lt	5,00	125,00	625,00
Costos indirectos				
<i>Movilidad</i>				300,00
<i>Imprevistos</i>				500,00
TOTAL				S/ 4 350,00

Nota 1. El costo de producción implica únicamente el empleo de insumos y materiales correspondientes a la producción de pepinillo en un área de 400 m² con un rendimiento promedio de 24 t/ha.

Anexo 2. Variable de estudio de altura de planta (cm)

ALTURA DE PLANTA (CM)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	Ȳ.j
T0	123.24	143.21	128.21	135.34	130.84	660.84	132.17
T1	134.23	146.43	127.24	155.32	142.65	705.87	141.17
T2	142.36	163.25	157.36	152.43	147.85	763.25	152.65
T3	157.38	139.45	164.23	145.89	163.21	770.16	154.03
TOTAL (Y i.)	557.21	592.34	577.04	588.98	584.55	2900.12	
MEDIA BLOQ. (Ȳ i.)	139.30	148.09	144.26	147.25	146.14		181.26

Anexo 3. Variable de estudio de peso unitario de frutos (g)

PESO UNITARIO DE FRUTOS (G)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	Ȳ.j
T0	95.30	83.20	118.20	102.40	98.32	497.42	124.36
T1	104.25	97.45	93.2	104.00	100.25	499.15	124.79
T2	105.00	108.34	90.75	118.95	103.65	526.69	131.67
T3	127.25	118.00	127.85	119.00	132.32	624.42	156.11
TOTAL (Y i.)	431.80	406.99	430.00	444.35	434.54	2147.68	
MEDIA BLOQ. (Ȳ i.)	107.95	101.75	107.50	111.09	108.64		134.23

Anexo 4. Variable de estudio de número de frutos por planta (unidad)

NUMERO DE FRUTOS POR PLANTA (UNIDAD)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	$\bar{Y}.j$
T0	10.00	8.00	7.00	10.00	8.00	43.00	10.75
T1	9.00	9.00	7.00	8.00	10.00	43.00	10.75
T2	13.00	10.00	9.00	9.00	12.00	53.00	13.25
T3	12.00	9.00	10.00	8.00	12.00	51.00	12.75
TOTAL (Y i.)	44.00	36.00	33.00	35.00	42.00	190.00	
MEDIA BLOQ. ($\bar{Y} i.$)	11.00	9.00	8.25	8.75	10.50		11.88

Anexo 5. Variable de estudio de longitud de fruto (cm)

LONGITUD DE FRUTO (CM)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	$\bar{Y}.j$
T0	18.23	19.34	20.32	18.49	20.00	96.38	24.10
T1	19.45	20.43	17.98	18.58	18.56	95.00	23.75
T2	20.45	21.32	18.79	19.43	20.45	100.44	25.11
T3	20.43	19.69	20.86	21.00	20.50	102.48	25.62
TOTAL (Y i.)	78.56	80.78	77.95	77.50	79.51	394.30	
MEDIA BLOQ. ($\bar{Y} i.$)	19.64	20.20	19.49	19.38	19.88		24.64

Anexo 6. Variable de estudio de diámetro de frutos (cm)

DIAMETRO DE FRUTOS (CM)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	Ȳ.j
T0	6.00	5.78	6.12	6.00	5.43	29.33	7.33
T1	6.50	6.80	7.00	8.00	5.85	34.15	8.54
T2	7.50	6.20	6.00	7.00	7.30	34.00	8.50
T3	7.50	7.30	7.00	7.80	8.00	37.60	9.40
TOTAL (Y i.)	27.50	26.08	26.12	28.80	26.58	135.08	
MEDIA BLOQ. (Ȳ i.)	6.88	6.52	6.53	7.20	6.65		8.44

Anexo 7. Variable de estudio de rendimiento total (t/ha)

RENDIMIENTO TOTAL (t/ha)							
TRATAMIENTOS	BLOQUES					TOTAL	MEDIA TRAT.
	I	II	III	IV	V	Y.j	Ȳ.j
T0	22.34	20.54	23.14	21.34	21.22	108.58	21.72
T1	22.43	22.56	21.21	19.85	20.98	107.03	21.41
T2	23.45	22.13	21.87	22.54	23.21	113.20	22.64
T3	24.30	24.43	23.45	23.65	24.19	120.02	24.00
TOTAL (Y i.)	92.52	89.66	89.67	87.38	89.60	448.83	
MEDIA BLOQ. (Ȳ i.)	23.13	22.42	22.42	21.85	22.40		28.05

Anexo 8. Panel fotográfico del proyecto experimental.



Fotografía 1. Preparación del campo para la instalación del experimento.



Fotografía 2. Siembra de semillas de pepinillo variedad Exocet.



Fotografía 3. Semilla de pepinillo variedad Exocet certificado.



Fotografía 2. Aplicación de microorganismos eficientes (EM) en los tratamientos aplicados en el experimento realizado.



Fotografía 3. Pesado de fruto en balanza digital del experimento.



Fotografía 4. Realización de las mediciones de largo y diámetro de fruto del experimento.



Fotografía 5. Frutos cosechados del tratamiento cuatro (T3).