

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de crecimiento y producción en pepino inoculado con rizobacterias y
lixiviado reduciendo la fertilización química

Por:

Luis Gustavo Olivas Tarín

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de crecimiento y producción en pepino inoculado con rizobacterias y
lixiviado reduciendo la fertilización química

Por:

Luis Gustavo Olivas Tarín

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


Dr. José Rafael Paredes Jácome
Presidente


M.C. Raúl Alejandro Ramos Salazar
Vocal externo


M.D. Juan Manuel Nava Santos
Vocal


M.E. Víctor Martínez Cueto
Vocal Suplente


M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División Regional de Agronomía

Torreón, Coahuila, México
Junio 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de crecimiento y producción en pepino inoculado con rizobacterias y
lixiviado reduciendo la fertilización química

Por:

Luis Gustavo Olivas Tarín

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Rafael Paredes Jácome
Asesor Principal


M.C. Raúl Alejandro Ramos Salazar
Coasesor externo


M.D. Juan Manuel Nava Santos
Coasesor


M.E. Víctor Martínez Cueto

Coasesor


M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División Regional de Agronomía



Torreón, Coahuila, México
Junio 2024

DEDICATORIAS

A mi madre **María Adela Olivas Tarin** por la educación que me dio, por enseñarme a esforzarme, por tu apoyo incondicional, por motivarme a realizar las cosas y luchar por mis sueños, por guiarme, darme ánimos, por ser una persona honrada y, sobre todo, por todo el sacrificio que hizo para darme una carrera para tener un buen futuro.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Maria Adela Olivas Tarin por haberme apoyado en este logro tan importante en mi vida.

A mi asesor el Dr. José Rafael Paredes Jácome por su apoyo, paciencia, tiempo y brindarme sus conocimientos en el proceso de esta investigación.

A Sofía Ramírez Celayo por apoyarme, darme ánimos y acompañarme en todo el proceso.

A mi Alma Mater por abrirme sus puertas, brindarme sus atenciones y servicios, por darme las mejores experiencias que gracias a ella conocí a buenas personas.

A Dios por permitirme concluir esta meta en mi vida de una forma correcta y permitir que mi familia esté presente en mis logros.

A cada uno de los docentes del departamento de Horticultura por brindarme su amistad y sobre todo sus conocimientos.

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
HIPOTESIS.....	2
1. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1 Origen e historia del pepino (<i>Cucumis sativus</i>).....	3
1.2 Importancia del cultivo de pepino	3
1.2.1 Producción Nacional.....	4
1.2.2 Producción Mundial.....	4
1.3 Características botánicas del cultivo de pepino	5
Sistema radical.....	5
Tallo.....	5
Hoja.....	5
Flor	5
Fruto.....	6
Semilla.....	6
1.4 Calidad nutracéutica del cultivo de pepino	6
1.5 Clasificación taxonómica del pepino	7
1.6 Requerimientos edafoclimáticos.....	7
Suelo.....	7
Climáticos (Temperatura y Humedad Relativa).....	7
Riego.....	8
Nutrición.....	8
1.7 Plagas y enfermedades en el cultivo de pepino.....	9
Principales enfermedades.....	10
1.8 Biofertilizantes.....	11
1.8.1 Tipos de biofertilizantes	11
1.8.2 Rizobacterias	12

1.9 Bioestimulantes líquidos	14
Lixiviados de lombriz.....	14
Ventajas de los lixiviados	14
2. MATERIALES Y METODOS	15
2.1 Ubicación del experimento	15
2.2 Acondicionamiento del terreno	15
2.3 Material vegetal y siembra	15
2.4 Material bioestimulante utilizado.....	15
2.5 Sistema de riego y fertilización	15
2.6 Manejo del cultivo	16
Tutoreo.....	16
Poda.....	16
Control fitosanitario	16
2.7 Descripción de los tratamientos.....	17
2.8 Variables agronómicas evaluadas	17
2.9 Variables de calidad evaluadas	18
Tabla 8. Descripción de variables evaluadas en el cultivo de pepino.....	19
2.10 Análisis estadístico	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1 Altura de planta	20
3.2 Diámetro de tallo	21
3.3 Peso promedio de fruto	21
3.4 Número de frutos.....	22
3.5 Número de flores	23
3.6 Peso seco de planta	24
3.7 Peso fresco de planta.....	25
3.8 Firmeza de fruto.....	26
3.9 Sólidos solubles totales.....	27
4. CONCLUSIONES.....	29
5. REVISION BIBLIOGRAFICA	30
6. ANEXOS.....	35

6.1 Análisis de varianza de los tratamientos en variables evaluadas en plantas de pepino	
Arsen-F1	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento de nutrientes en el cultivo de pepino de acuerdo a la etapa	9
Tabla 2. Principales plagas que afectan al cultivo de pepino.....	9
Tabla 3. Principales enfermedades que afectan al cultivo de pepino	10
Tabla 4. Solución nutritiva utilizada en el cultivo de pepino	16
Tabla 5. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades	17
Tabla 6. Descripción de tratamientos aplicados en plantas de pepino	17
Tabla 7. Descripción de variables agronómicas evaluadas en el cultivo de pepino.	18
Tabla 8. Descripción de variables evaluadas en el cultivo de pepino	19

INDICE DE GRAFICAS

Fig. 1 Altura de planta obtenida en el cultivo de pepino con diferentes biofertilizantes y lixiviado.....	20
Fig. 2 Diámetro del tallo obtenido en el cultivo de pepino con diferentes biofertilizantes y lixiviado.....	21
Fig. 3 Peso promedio del fruto de pepino obtenido con diferentes biofertilizantes y lixiviado.	22
Fig. 4 Numero de frutos obtenidos en el cultivo de pepino aplicando biofertilizantes y lixiviado.	23
Fig. 5 Numero de flores obtenidas en el cultivo de pepino obtenido con biofertilizantes y lixiviado.....	24
Fig. 6 Peso seco de plantas de pepino obtenido mediante aplicación de biofertilizantes y lixiviado.....	25
Fig. 7 Peso fresco de plantas de pepino obtenido mediante aplicación de biofertilizantes y lixiviado.....	26
Fig. 8 Firmeza del fruto en cultivo de pepino con aplicación de diferentes biofertilizantes y lixiviado.....	27
Fig. 9 Solidos solubles totales (°Brix) en fruto de pepino aplicando diferentes biofertilizantes y lixiviado.....	28

RESUMEN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) es una hortaliza, normalmente se consume su fruto fresco dentro de México. Su propósito principal es responder a las demandas acendentes de los usuarios, originar alimentos sostenibles, se necesitan añadir distintas opciones ante los productos químicos convencionales que existen en el presente. Se ha evidenciado que el uso de biofertilizantes incrementan la solubilización de nutrientes en las plantas, así mismo hacen del cultivo más sostenible y contribuyen a la protección del medio ambiente. El actual trabajo de investigación se desarrolló con semilla de pepino Arsen F1 un (híbrido ginoico), sembrado de forma directa en bolsas de plástico con espacio para 10 kg de sustrato (perlita y arena 1:1); en las fases reproductivas y vegetativas, se evaluó la utilización de biofertilizantes y lixiviado con desarrollo de crecimiento para precisar su eficacia dentro de la etapa de desarrollo y reproductiva del cultivo. Se valoraron variables agronómicas como: diámetro del tallo, altura, número de frutos, peso seco y fresco de la planta, variables de producción como: firmeza, sólidos solubles totales (°brix), número de flores. Dentro de los resultados destacan las aplicaciones de *Bacillus* mas Lixiviado con F.Q al 100 % (T4) incrementando en 21.82, 57.33, 39.41 y 99.46 % dentro de las variables: número de flores, diámetro del tallo, número de frutos, y sólidos solubles totales (°brix). Correspondientemente en comparación con el testigo, el empleo de *Bacillus* con F.Q. de 75 % (T6) supera en 12.58 y 18.27 % las variables de altura y peso seco de la planta, correspondientemente en semejanza con el tratamiento sin aplicación de biofertilizantes, no obstante, en la aplicación de lixiviado con F.Q. de 75 % obtuvimos en la variable de firmeza que supera en 37.09 % al testigo.

Palabras clave: Biofertilizantes, *Bacillus*, Lixiviado

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.), pertenece a la familia de plantas cucurbitáceas, y es una hortaliza que se cultiva en condiciones tropicales y subtropicales alrededor del mundo; es una especie nativa del norte de India, sus frutos se consideran una buena fuente de vitaminas y minerales (Chacón, 2020). En la actualidad realizar la producción del cultivo, gana más importancia debido a la información de conciencia entre consumidores respecto a las propiedades medicinales que contiene; aunado a esto una petición elevada, con mayor rendimiento e ingresos en menor periodo de tiempo, vuelve más fascinante el interés de más productores agrícolas por cultivarlo (Margal et al., 2018).

Las rizobacterias disponen varios mecanismos para impulsar el crecimiento de las plantas, entre los que se comprende un incremento de la movilización de nutrimentos, mejoramiento en la absorción de nutrientes, fijación de nitrógeno y control biológico de patógenos (Gonzales et al., 2017). Las bacterias vinculadas con la rizósfera de las plantas son competentes de producir diferentes mecanismos por los cuales influyen positivamente su crecimiento y desarrollo, tales bacterias son aptas para promover el desarrollo de las plantas de manera indirecta y directa, estas poseen una cantidad de mecanismos directos que influyen entre sí para elaborar relaciones beneficiosas, primordialmente con las raíces de la planta (Camelo, et al., 2011).

En la producción de agricultura protegida, es destacado el aumento de producción debido a la reducción e impacto de altas temperaturas, la evapotranspiración, enfermedades y plagas, sin embargo, un factor limitante para establecer una adecuada producción es la fertilización (De Pascale y Stanghellini, 2011).

Entre las causas que complican la utilización de fertilizantes a mayor cantidad, está su elevado precio y la carencia de materia prima para su producción; sin embargo, en el transcurso de los años se han creado opciones como la fertirrigación y la empleación de abonos originados a través del compost de sobrantes de la cosecha, en particular se comprenden de un mayor contenido de nutrientes, entre los cuales encontramos el vermicompost, la gallinaza; abonos foliares a base de sustancias húmicas, pulpa de café y lodos residuales (Mogollón et al., 2015).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto que producen las aplicaciones de rizobacterias y lixiviado de lombriz, reduciendo la fertilización química en el cultivo de pepino bajo invernadero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la respuesta agronómica y de rendimiento en el cultivo de pepino con la aplicación de rizobacterias y lixiviado, reduciendo la fertilización química.

Evaluar la respuesta de calidad en frutos de pepino con la aplicación de rizobacterias y lixiviado, reduciendo la fertilización química.

HIPOTESIS

La aplicación de rizobacterias y lixiviado en el cultivo de pepino, reduciendo la fertilización química tendrá un efecto positivo en el rendimiento y calidad del cultivo.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Origen e historia del pepino (*Cucumis sativus*)

Cucumis sativus es originaria del subcontinente indio, Los pepinos fueron llevados hacia el este y cultivados en China hace 2000 años. Hasta hace poco, se pensaba que los pepinos se habían difundido hacia Occidente en una época muy temprana, siendo familiares para los antiguos griegos, romanos, egipcios y judíos (Harry, 2011).

Otros piensan que el pepino es originario de África y Asia, el cual se emplea para la nutrición humana desde hace más de 3000 años; como primera vez se difundió en la China, después en Inglaterra, Francia y se esparció en Estados Unidos. El cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) desde hace unos años se ha convertido en uno de los sectores más desarrollados y cultivados, este mismo abarca el cuarto lugar en la agrupación de las hortalizas a nivel mundial. China resalta como uno de los principales productores de esta fruta (Bravo., 2011).

El pepino (*Cucumis sativus*) es de los principales cultivos hortícolas con una superior demanda a nivel mundial por su alto valor en nutrientes. En México el pepino es muy valioso, ya que este es el país principal exportador mundial de esta hortaliza y es sobresaliente también para el consumo nacional (Beatriz, 2015).

1.2 Importancia del cultivo de pepino

Las características que diferencian al pepino, consideramos que es una hortaliza baja en calorías, tiene gran cantidad de agua, aparte posee antioxidantes y minerales. El pepino es una hortaliza de un mínimo aporte calórico debido a su baja cantidad en hidratos de carbono, en diferencia con otras hortalizas, y a su mayor cantidad de agua, aporta fibra, provitamina A, pequeñas cantidades de vitamina C, y de vitamina E, y, en cantidades aún menores, vitaminas del grupo B como folatos, B1, B2 y B3. En su cascara o piel se encuentran cantidades mínimas de beta-caroteno (Agricultura Rural, 2020)

El pepino no se piensa que sea una hortaliza alta en minerales, pese a que el de mayor cantidad es el potasio. En menor cantidad se encuentra el magnesio y el fósforo (Procuraduría General del Consumidor, 2020).

1.2.1 Producción Nacional

El sector primario y principalmente el pepino en México se ha distinguido como uno de los principalmente destacados en la agricultura, quienes han venido ocasionando un esparcimiento económico en empleos e ingresos para los productores del país. La producción de pepino se produce de los estados de Sinaloa en el que se ofrece el 33.5% de la producción en México, Michoacán y Sonora ocupan el segundo y tercer lugar con producciones del 23.7 y 9.6%, en comun colaboran con el 66.8%, lo cual exalta una acumulación de las tres entidades federativas (Orsho, 2021).

Sinaloa es el estado del país que más exporta y produce pepino, y es el segundo cultivo de mayor importancia después del tomate. Algunas localidades donde se desarrolla este cultivo en más grandes cantidades son los valles de Guasave, Los Mochis, Mocorito y Cruz de Elota y Culiacán. Del total de 817 mil toneladas de pepino que se produjeron en México durante el años de 2017, 360 mil se cultivaron en Sinaloa. Siendo más numeroso durante la estación de primavera, pues en los meses de febrero, marzo y abril es cuando se levanta el 44% de la cosecha total del año (Bayer, 2018).

En México se cultivan pepinos de las variedades: americano, americano-chino, europeo, persa, pickle y blanco. El americano y el pickle destacan la producción con 550 mil y 291 mil toneladas, respectivamente. La producción de pepino en 2020 alcanzó 1 millón 159 mil 934 toneladas, siendo Sinaloa el estado número uno en producción (Agricultura Rural, 2020).

1.2.2 Producción Mundial

La producción de pepino en el mundo supero por primera vez los 65,000 millones de kilos en el mundo (65, 78 millones), según los datos procedentes del FAOSTAT del año 2012, China era el líder en el ranking con una producción del 73.0% del total (48,000 millones de kilos). Seguido de Turquía con el 2.68% (1,742 millones de kilos), luego Irán en tercera posición con el 2.46% del total (1,600 millones de kilos). Rusia con 1.97%. Ucrania con .57%, Estados Unidos con 1.38% (901.06 millones), España con 1.09% (713.20 millones), México con 0.98% (640.51 millones), Egipto con 0.94% (613.88 millones) y por ultimo Japón con 0.91% (586.5 millones) de la producción mundial de pepino (Torres, 2020).

El pepino se encuentra en un cuarto lugar en importancia, pues de los cultivos hortícolas principalmente de mayor adquisición a nivel mundial por su gran cantidad de nutrientes.

1.3 Características botánicas del cultivo de pepino

Sistema radical

Es muy fuerte, dada la gran productividad de esta planta, consta de una raíz principal que se ramifica velozmente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, estas están alargadas y son de color blanco. El pepino tiene la facilidad de emitir raíces adventicias por encima del cuello (Casaca, 2005).

Tallo

Sus tallos son postrados, postrados y rastreros, con un eje principal que da inicio a distintas ramas laterales normalmente en la base, entre los 15 y 25 principales centímetros. Son trepadores, llegan a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales (Fuentes, 2015)

Hoja

La hoja tiene un largo peciolo (5 a 15 cm), un gran limbo acorazonado, con tres lóbulos algo pronunciados, el central está más acentuado y principalmente acaba en una punta, tienen un color verde oscuro y está cubierto de un bello fino (Olin. 2021)

Flor

El pepino es una planta de polinización cruzada, la flor contiene el pedúnculo corto, los pétalos tienen amarillo de amplia variabilidad, en la planta de forma separada se presentan flores masculinas, femeninas y además diferentes variedades pueden encontrar flores hermafroditas. La planta de pepino es monoica (con flores femeninas y flores masculinas) de fecundación cruzada la cual generalmente se hace por insectos, pero en ocasiones posee flores hermafroditas. Las flores son generalmente de color amarillo, en forma de campana (Chusin y Zambrano, 2023)

Fruto

La fruta del pepinillo es una sencilla y carnosa que se clasifica como pepo, un tipo especializado o modificado de baya que algunos clasifican como falsa baya. El color inmaduro del fruto es normalmente verde, pero en algunos casos el tipo de pepino es amarillento. La pulpa es firme, blanca, no es dulce, y la semilla está rodeada de una sustancia gelatinosa. Al madurar, el color externo de la fruta cambia a amarillo (Fornaris, 2001).

Semilla

La semilla está rodeada de una sustancia mucilaginosa, las semillas maduras son de blanco a blanco-amarillentas, muy aplastadas, de forma ovalada, y puntiagudas en uno de sus extremos. (Fornaris, 2001).

1.4 Calidad nutracéutica del cultivo de pepino

En el caso del pepino se han descubierto numerosas propiedades beneficiosas para la salud. Destaca por su elevado contenido en potasio ($>1\text{g kg}^{-1}$) y vitamina C ($>200\text{ mg kg}^{-1}$), así como un elevado contenido en polifenoles y flavonoides. Se ha caracterizado que tiene propiedades hipotensivas, diuréticas, y gracias a su gran cantidad en polifenoles antioxidantes, su administración puede prevenir la diabetes, y, por último, también presenta actividad antitumoral y son varios los trabajos que describen un elevado contenido en compuestos bioactivos (Constanza, et al. (2000).

Tiene un contenido de compuestos antioxidantes como fenólicos totales, flavonoides, ácido ascórbico β -caroteno entre otros, estos nombrados compuestos bioactivos ubica en que su uso está afiliado con un menor riesgo a enfermedades crónicas degenerativas. se ha comunicado que el potasio (K) es el nutriente que realiza el mayor poder sobre el carácter organoléptica y la acumulación de fitonutrientes, donde estos son de mayor importancia para la salud humana (Héctor, 2018).

1.5 Clasificación taxonómica del pepino

La clasificación taxonómica del Pepino (*Cucumis sativus*) es la siguiente: (Ibarbo y Ibarbo, 2024).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Familia:	Cucurbitaceae
Orden:	Cucurbitales
Género:	<i>Cucumis</i>
Especie:	<i>Cucumis sativus</i>

1.6 Requerimientos edafoclimáticos

Suelo

El pepino se puede establecer y cultivar en cualquier tipo de suelo, pero actúa mejor en suelos arcillo-arenosos a francos con buen drenaje. Cuando el suelo no es el apropiado, hay que preparar las condiciones esenciales para minimizar el exceso de agua que en cualquier cultivo es un gran problema. La planta de pepino no tolera la salinidad (Arias, (2007).

Los pepinos necesitan cultivarse en suelos con buenas tasas de infiltración de agua y capacidad de retención de humedad. El suelo no debe compactarse y su pH debe ser de 5.8–6.6. (Universidad de Pensilvania. 2017).

Climáticos (Temperatura y Humedad Relativa)

El pepino se desarrolla oportunamente en un rango de temperaturas de entre 18 y 28°C. Este amplio rango es debido a la diversidad de variedades que existen. Es importante prevenir la exposición del cultivo a temperaturas superiores a los 35°C durante periodos largos ya que la producción y calidad de los frutos se verá seriamente afectadas. el pepino es más sensible a las bajas temperaturas, Valores

recomendados de temperatura para el cultivo de pepino son: una temperatura mínima en el día de 27-29°C y una máxima de 35°C (Carlos et al., (2012).

El contenido de agua y la transpiración de las plantas se encuentran influenciados por distintos parámetros ambientales dentro de los cuales la humedad es uno de los más importantes. La humedad del aire afecta todos los procesos que se encuentran asociados con la transpiración tales como el balance hídrico, el enfriamiento por transpiración y la translocación de iones, algunos de a los rangos de humedad relativa recomendados para el cultivo bajo invernadero son en nivel óptimo en el día de 60-70% y por la noche de 70-90% (Carlos et al., 2012).

Riego

En condiciones bajo invernadero, es importante conocer las necesidades hídricas del cultivo de pepino, dado que la principal fuente de agua que cumple con las principales cantidades es el riego localizado, que se establece en este tipo de sistemas. Un sistema de riego en un invernadero bien diseñado sería aquel que dentro de sus características minimice su expresión de agua que se pierde por escorrentía y lixiviación. De igual manera, las demandas netas de riego serán iguales a la evapotranspiración del cultivo, incluyendo la evapotranspiración como uno de los procesos concurrente de evaporación del agua desde el suelo y la transpiración de esta misma a través de las estomas de las hojas (Sasilimas, 2012).

La cantidad de agua que se aplicada en los riegos precisan de la edad de la planta después de haberla sembrado, el desarrollo de la fruta y el clima establecido durante la cosecha. Dependiendo de diferentes factores climáticos, se puede regar minomo 2 a 3 veces al día con una cinta de goteo de mayor flujo, aproximadamente 45-605 minutos por día, cuando se utiliza acolchado plástico aumenta el riego conforme la planta se vaya desarrollando o aumente la evaporación, monitorear el suelo utilizando un tensiómetro para no bajar la humedad de la zona radicular (Zamora, 2017).

Nutrición

En la nutrición debe haber un balance con todos los elementos importantes para el buen desarrollo del pepino. Más importante de la fertilización es saber manejar adecuadamente el agua de riego, el cual es el principal factor crucial para obtener una

excelente nutrición ya que la nutrición que favorece el cultivo es a través del agua en el suelo. El balance de los nutrientes es tan importante como las relaciones que existen entre el N: K, el K: Ca y Ca: Mg, con el propósito de evitar tener un antagonismo y poder dominar el desarrollo de las plantas y sus resistencias a las enfermedades o los factores ambientales (Arias, 2007).

Tabla 1. Requerimiento de nutrientes en el cultivo de pepino de acuerdo a la etapa

Etapas - cultivos	N u t r i e n t e s (ppm)											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Mo
De Plantula al primer fruto.	133	62	150	130	50	70	2.5	0.44	0.1	0.62	0.09	0.03
1er Primer fruto hasta terminar.	240	62	150	260	50	70	2.5	0.44	0.1	0.62	0.09	0.03

(Zamora, 2017).

1.7 Plagas y enfermedades en el cultivo de pepino

Tabla 2. Principales plagas que afectan al cultivo de pepino

Nombre común	Nombre científico	Daño-síntoma
Mosquita blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Succión de savia de la planta, por adultos y ninfas, provocando debilitamiento y marchitamiento; excreción de sustancias azucaradas que propician el crecimiento del hongo saprófito (fumagina), reduciendo la tasa fotosintética. Transmisión de enfermedades virales (Morales y Cermeli 2021)
Minador de la hoja	<i>(Phyllocnistis citrella)</i>	Producen galerías en hojas tiernas y se alimentan del mesófilo de las mismas, las heridas sirven como vía de entrada de patógenos, como la bacteria <i>Xanthomonas axonopodis</i> . (Salas, 2006).
Trips	(Thysanoptera)	Perforan el tejido de la planta y succionan la savia de la planta, provocan laceraciones severas en las hojas tiernas, produce lesiones necróticas, decoloración de brotes, afectan la floración y desarrollo de frutos (Atencio, 2022).

Araña roja	<i>(Tetranychus urticae)</i>	Reduce el vigor de planta y afecta la calidad de la fruta. En hojas pequeñas manchas pálidas, viven en el envés de las hojas (Paullier, 2003).
------------	------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Principales enfermedades

Tabla 3. Principales enfermedades que afectan al cultivo de pepino

Nombre común y científico	Daño o síntoma que provoca:
Mosaico del pepino (<i>Squash Mosaic</i>)	Aparece un mosaico o moteado amarillo en las hojas más jóvenes. Las plantas se atrofian, con entrenudos más cortos que dan como resultado un dosel tupido. La producción de frutos normalmente se reduce, y los frutos suelen ser de menor tamaño, deformados y muestran manchas o puntos verdes en la piel (Bayer, 2022)
Moho gris (<i>Botrytis cinérea</i>)	Se manifiesta con pudrición suave en flores, en el fruto se observan zonas blandas de color marrón claro que incrementan rápidamente en tamaño hasta secar y momificar el fruto (Terrones, 2019). Las flores muestran lesiones de color café en pétalos y receptáculo, si el moho gris se desarrolla en la flor, el patógeno matará al pedículo ocasionando marchitez y muerte tanto de la flor como de la fruta inmadura (Koike y Bolda, 2016).
Mildiu polvoso (<i>Sphaerotheca fulginea</i>)	Aparece en hojas, peciolo y yemas jóvenes, como una masa blanca con aspecto de ceniza, compuesta de micelio denso e incontable número de esporas. Provoca una defoliación precoz en las plantas, una vez infectada puede desarrollarse en tejidos más profundos y llegar al grado que las hojas adopten una coloración amarillenta y finalmente secarse (Noyma., 2010)

<p>Marchistes fusariana (<i>Fusarium oxysporum</i>)</p>	<p>Muestran amarillamiento, comienza por las hojas y, por lo general mueren, la base del tallo adquiere un color oscuro y los haces vasculares se tornan de color pardo oscuro. (Luisa V.R. 2017).</p>
-------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.8 Biofertilizantes

Los biofertilizantes son ingredientes esenciales del manejo integrado de nutrientes. Estos posibles fertilizantes biológicos realizan un papel clave en la productividad y la sostenibilidad del suelo y también protegen al medio ambiente como productos ecológicos y ventajosos para los agricultores (Mohammadi y Sohrabi, 2012).

Generalmente es una preparación que contiene células vivas o latentes de cepas eficientes de microorganismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato o celulíticos utilizados para la aplicación en semillas, suelo o áreas de compostaje con el objetivo de incrementar el número de tales microorganismos y agilizar ciertos procesos microbianos para aumentar el grado de disponibilidad de nutrientes en una forma que pueda ser asimilada por la planta (Mohammadi y Sohrabi, 2012).

Los biofertilizantes han sido relacionados como una alternativa para incrementar la fertilidad del suelo y el desarrollo de cultivos en la agricultura sostenible. El aprovechamiento de microbios beneficiosos como biofertilizantes se ha vuelto de suma importancia en el sector agrícola debido a su papel potencial en la seguridad alimentaria y la producción agrícola sostenible. Los biofertilizantes pueden ser un componente importante del manejo integrado de nutrientes. El uso de biofertilizantes aumenta la absorción de nutrientes y agua, el crecimiento de las plantas y su tolerancia a factores abióticos y bióticos. Estos posibles fertilizantes biológicos realizarían un papel importante en la sostenibilidad del suelo productividad y también en el cuidado del medio ambiente comoproductos ecológicos y beneficiosos para los agricultores. (Itelima, 2018)

1.8.1 Tipos de biofertilizantes

Distintos microorganismos y su asociación con plantas de cultivo se están explotando en la producción de biofertilizantes. Se pueden agrupar de diferentes formas según su naturaleza y función.

Microorganismos solubilizadores de fosfato. (PSM): distintas bacterias y hongos del suelo, en particular especies de *Aspergillus*, *Bacillus*, *Penicillium*, *Pseudomonas* etc. secretan ácidos orgánicos y reducen el pH en sus proximidades para provocar la disolución de los fosfatos unidos en el suelo (Kumawat, 2017).

Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): El grupo de bacterias que colonizan las raíces o el suelo de la rizosfera y son favorables para los cultivos, se denominan rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). Los inoculantes PGPR promueven el crecimiento mediante la supresión de enfermedades de las plantas (denominados bioprotectores), una mejor obtención de nutrientes (denominados biofertilizantes) o la producción de fitohormonas (denominados bioestimulantes). (Kumawat, 2017).

Fijadores biológicos de nitrógeno: *Erwinia*, *Burkholderia*, *Acinetobacter*, *Enterobacter* y *Azospirillum* son sólo algunos de los géneros bacterianos que se encuentran en la rizosfera de las plantas y se ha demostrado que tienen efectos beneficiosos en el desarrollo de las plantas (Al-Hchami y Salloom, 2023).

solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares: son de peculiar interés para la fertilidad del suelo, las plantas y los HSF incrementan la disposición del fósforo, en tanto que los HMA facilitan el transporte a la planta. No solo tienen interacción en el crecimiento de la planta y su desarrollo, sino que también contribuyen a la protección contra los patógenos (Rosa, 2019).

1.8.2 Rizobacterias

Género *Bacillus*

Las cepas de *Bacillus* originan una variedad de metabolitos, lo que hace que los nutrientes estén fácilmente disponibles para ser aprovechados por las plantas en la rizósfera (Al-Hchami y Salloom, 2023).

El género *Bacillus* es segregador de metabolitos y proteínas efectivas para el control de enfermedades y plagas, incrementan el crecimiento vegetal por medio de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento, como el ácido indol acético, de igual manera se involucra en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de sociedades microbianas. La capacidad de estos microorganismos para

originar compuestos orgánicos, realizar fijación biológica de nitrógeno (FBN) y solubilizar fosfatos (SF), son actividades que ejecutan mediante enzimas como fitasas y nitrogenasas, con un efecto positivo en el impulso del crecimiento vegetal y en el desarrollo del potencial productivo y como mejorando la disponibilidad de nutrientes cuando se aplica a los cultivos (Corrales, 2016).

Modo de acción

Los mecanismos directos suceden en el momento que las bacterias sintetizan metabolitos que favorecen a las plantas, o también cuando se incrementa la existencia de diferentes elementos nutritivos, que requieren para su metabolismo y mejorar el proceso de nutrición de la planta. Los mecanismos de acción se dividen en: fabricación de compuestos antimicrobianos, como lo son los péptidos de síntesis no ribosomal (NRPs) y policétidos (PKs), elaboración de hormonas, capacidades de colonización, competencia por nutrientes y espacio, desarrollo de biopelículas, síntesis de las enzimas líticas como: proteasas, quitinasas, acil homoserin lactonasas (AHSL), glucanasas y proteasas; producción de mezclas orgánicas volátiles (VOCs); e inducción de resistencia sistémica (ISR) (Luz, 2019).

Los *Bacillus spp.* forman esporas que se mantiene metabólicamente inactivas pero viables bajo condiciones adversas los cuales los hace adecuados para el desarrollo de productos estables que favorecen a los cultivos agrícolas por medio de mecanismos indirectos (Corrales, 2016).

Ventajas de biofertilizantes

Inocular los cultivos con RPCV minimiza primordialmente el uso de fertilizantes químicos y los impactos adversos al suelo, maximizan el rendimiento en los cultivos, contribuyen a la economía de los productores y a la alimentación de la población. son una buena opción sostenible para promover el crecimiento de las plantas, la disponibilidad de los elementos nutritivos y los rendimientos. favorecen a incrementar la actividad biológica que se encuentra en suelo, lo cual se favorece la movilización de elementos y la descomposición de sustancias tóxicas, aumentan la estructura del suelo, auxiliando a una mejora en el crecimiento radicular, maximizan el contenido de material orgánico (MO) del suelo, lo cual aumenta la capacidad de intercambio catiónico, sueltan de forma progresiva o minimamente elementos nutritivos y

colaboran a la reserva residual de P y N orgánicos del suelo, minimizando las pérdidas de Nitrogeno por lixiviación y la fijación de Fosforo y también pueden proveer micro elementos nutritivos (Moreno y et al., 2018).

1.9 Bioestimulantes líquidos

Lixiviados de lombriz

El lixiviado es uno de los abonos orgánico más distinguidos en el mercado y su constitución precisa del sustrato del cual se alimentan las lombrices, Se le llama lixiviado de lombriz todo aquel líquido que se extrae y se guarda para el proceso de transformación de los residuos orgánicos, de igual manera el compostaje que contiene la lombriz californiana. El lixiviado se comprende de los nutrimentos indispensables para que las plantas realicen sus procesos de desarrollo y crecimiento ya que llevan compuestos orgánicos que favorecen la disponibilidad de nutrientes, suministran la nutrición esencial durante el crecimiento y aceleran el desarrollo de flores, botones y frutos (Martínez y Hernández, 2018).

El humus es una sustancia de constitución química compuesta órgano-mineral, de mayor peso molecular, estables de un color café oscuro o negro, con propiedades hidrofílicas y coloidales, estas desarrollan durante el curso de transformación de la materia orgánica. El humus es un producto procedente de la formación metabólica y digestiva de la materia orgánica. contribuye eficazmente en la conservación del medio ambiente (SAGARPA, 2018).

Ventajas de los lixiviados

Es un sustrato asentado de gran uniformidad, drenaje, superior estructura física, porosidad, capacidad de retención de humedad y aireación. Tiene un pigmento oscuro, suave al tacto, olor agradable gran bio-estabilidad que evita su pudrición o fermentación, grande carga bacteriana e enzimática, su pH neutro lo hace seguro, mejora la estructura del suelo, aumenta la aireación y porosidad, mejora las particularidades químicas del suelo minimizando la cantidad de agua en los cultivos, no tiene problemas de sobredosificación (SAGARPA, 2018).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en agosto-noviembre de 2023, en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, esta se ubica en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, a 25° 33' 26" latitud norte y 103° 22' 21" latitud oeste, a una altitud de 1 120 msnm.

2.2 Acondicionamiento del terreno

Se colocaron bolsas de plástico negras y estas se llenaron de sustrato el cual consistió de arena y perlita mineral, fue a una distancia de 20 cm entre bolsas en total de 24 bolsas y una distancia de 1m entre hileras en un total de 3 hileras, el experimento se realizó en el interior de un invernadero modelo túnel con una superficie de 200m², con una cobertura de malla sombra tipo raschel (50% sombra).

2.3 Material vegetal y siembra

Como material vegetal se utilizaron semillas de pepino del híbrido Arsén-F1, de la casa comercial KristeenSeed, la siembra se llevó a cabo de forma directa en bolsas plásticas con capacidad de 10 kilogramos, colocando una semilla por maceta.

2.4 Material bioestimulante utilizado

Como material microbiológico se utilizaron cepas de *Bacillus spp.* a una acumulación de 1×10^{-7} , la cual fue proporcionada, por XXXXXXXXXX;

2.5 Sistema de riego y fertilización

Se implementó un sistema de riego por goteo localizado tipo L, empujando manguera con agujeros a cada 25 cm colocando la piqueta del riego en cada una de las macetas.

Para la fertilización del cultivo de pepino se utilizó la siguiente solución nutritiva (Tabla 4), en base a necesidades y contenido de nutrientes en el agua de riego:

Tabla 4. Solución nutritiva utilizada en el cultivo de pepino.

Fertilizante:	Formula:	g/L	Concentración (100 L)	
			70%	100 %
Nitrato de Calcio	CaNO ₃	0.595	41.62	59.47
Nitrato de Magnesio	MgNO ₃	0.128	8.97	12.82
Nitrato de Potasio	KNO ₃	0.413	28.93	41.31
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄	0.271	18.87	26.96
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	0.245	17.15	24.5
Micronutrientes		0.125	8.75	12.5
		ml/L		
Ácido nítrico	HNO ₃	0.0127	8.90	12.72
Ácido fosfórico	H ₂ PO ₄	0.0710	4.97	7.11

2.6 Manejo del cultivo

Tutoreo

Para el tutoreo su utilizo rafia de color negro fijada con un anillo en la base del tallo, sostenidas a un alambre en la parte alta del invernadero a unos 3 metros de altura, posterior mente se fue enredando la planta a la rafia según el crecimiento de esta.

Poda

La forma de poda usada en el cultivo consistió en la eliminación de hojas viejas, hojas nuevas que se fueron formando en los primeros 50 cm de la base del tallo, y los brotes de los lados que aparecieron en el tallo principal. De igual manera se realizó el corte de los zarcillos.

Control fitosanitario

Dentro del cultivo desarrollado se identificó la presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), con los síntomas que la caracterizan que provoca, también se observó la presencia de gusano minador de la hoja (*Liriomyza sp*), como control fitosanitario se aplicaron productos químicos (Tabla 5).

Tabla 5. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades

Función	Ingrediente Activo	Nombre comercial	Dosis
Insecticida	Dimetoato 0.0 Dimetil-S-(N-mentilcarbamoilometilo)-fosfoditioato 38.50%	Deltapyr 40 CE.	1.5 ml/ L
Insecticida	Imidacloprid: 1-(6-cloro-3-piridin-3-ilmetil) -N-notroimidazolidin-2-ilidenamina.	Confidel 350 SC	1.5 ml/L

2.7 Descripción de los tratamientos

En el cultivo se efectuaron aplicaciones de los tratamientos (Tabla 6), a partir de los 35 días después de sembrados, los cuales se administraron 4 veces con intervalos de 15 días al sistema radicular.

Tabla 6. Descripción de tratamientos aplicados en plantas de pepino

Factor a: Fertilización	Factor b: Inoculación	Tratamiento
F.Q. 100%	Testigo	T1
	<i>Bacillus</i> 1x10 ⁷	T2
	Lixiviado lombricomposta	T3
	<i>Bacillus</i> + Lixiviado	T4
F.Q. 70%	Testigo	T5
	<i>Bacillus</i> 1x10 ⁷	T6
	Lixiviado lombricomposta	T7
	<i>Bacillus</i> + Lixiviado	T8

2.8 Variables agronómicas evaluadas

Dentro del crecimiento de la planta se determinó con base a la observación las mediciones de las siguientes variables (Tabla 7), se tomaron cuatro plantas por tratamiento:

Tabla 7. Descripción de variables agronómicas evaluadas en el cultivo de pepino.

Variable evaluada:	Aparato de medición (unidad de medida)	Técnica-Procedimiento
Numero de Frutos:		Se contó el total de frutos de la planta hasta la parte apical.
Diámetro del tallo:	Vernier manual (mm)	Se realizó la medición sobre la base del tallo principal, la medida se realizó en mm.
Altura de planta:	Flexómetro	se midió desde la base del tallo hasta la punta apical y la medida se realizó en cm.
Numero de Flores:		Se contó el número total de flores de toda la planta.
Peso Fresco:	Bascula Digital	Se cortó la planta desde la base del tallo y se pesó, posteriormente se introdujeron en bolsas de papel.
Peso Seco:	Bascula Digital Estufa de secado.	Se introdujeron las plantas dentro de la estufa, durante 48 a 65°C, en bolsas de papel, transcurrido el tiempo se pesaron en una báscula.

2.9 Variables de calidad evaluadas

Dentro de la producción de la planta se realizaron las siguientes mediciones de variables de calidad (Tabla 8):

Tabla 8. Descripción de variables evaluadas en el cultivo de pepino

Variable evaluada:	Tipo de Medición	Técnica-Procedimiento
Firmeza	Penetrometro	Se introdujo la punta del penetrometro sobre el fruto, se realizó un total de 3 mediciones por fruto.
Solidos solubles totales	Refractómetro	Se colocó una gota, sobre el lente, y posteriormente se lee el desplazamiento en la escala.
Peso de fruto	Bascula digital	Se pesó cada uno de los frutos obtenidos.

2.10 Análisis estadístico

Se empleó el diseño experimental con arreglo factorial, donde el factor a: es la reducción de fertilización y factor b: la aplicación de biofertilizantes y lixiviado, con cuatro repeticiones. El programa estadístico empleado para realizar el análisis de varianza (ANVA) fue SAS 9.1 y se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Altura de planta

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable altura de planta, podemos observar que hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, (Fig. 1). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* y una F.Q. al 75%, supera en 12.58 y 6.85 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto de benéfico de las rizobacterias, que incrementan la altura de planta de los cultivos.

Venegas-Vera y Pincay-Menendez, (2024), mencionan que al aplicar lixiviado de lombriz y biofertilizantes obtiene un incremento de 20% de altura de planta en el cultivo de pepino, o en tomate. Sin embargo, nuestros resultados difieren a lo obtenido por Garcia et al., (2021), quienes no encontraron diferencias entre la aplicación de los tratamientos estimados.

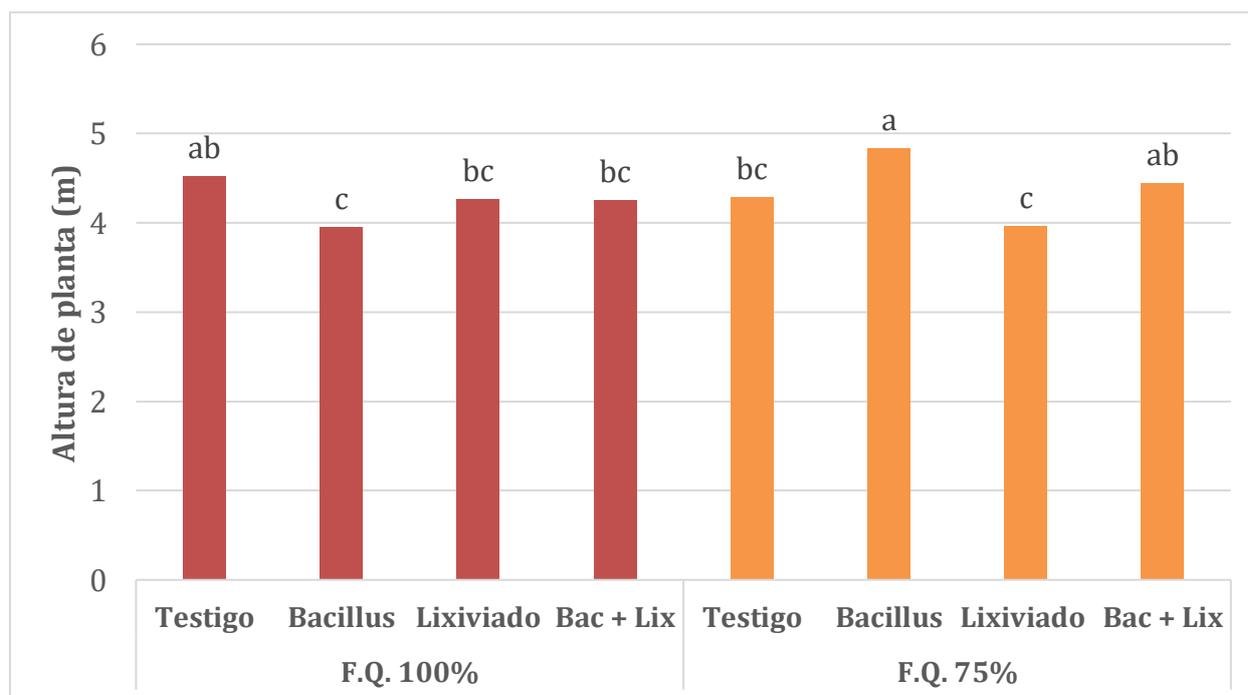


Fig. 1 Altura de planta obtenida en el cultivo de pepino con diferentes biofertilizantes y lixiviado.

3.2 Diámetro de tallo

De acuerdo a los resultados que obtuvimos sobre la variable de diámetro del tallo, podemos observar que hubo diferencias importantes entre los tratamientos aplicados, (Fig. 2). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* mas lixiviado y una F.Q. al 100%, supera en 21.82 y 6.96 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. correspondientemente. Esto se puede ocasionar debido al efecto benéfico de las rizobacterias y lixiviado, que incrementan el diámetro del tallo en las plantas.

Salazar-Salazar et al, (2022), al aplicar algas y biofertilizantes obtiene un incremento de 3.62 % de diámetro del tallo en el cultivo de pepino. Sin embargo, nuestros resultados difieren a lo obtenido por Paredes-Jácome et al., (2022), quienes no encontraron grandes diferencias entre la aplicación de los tratamientos evaluados.

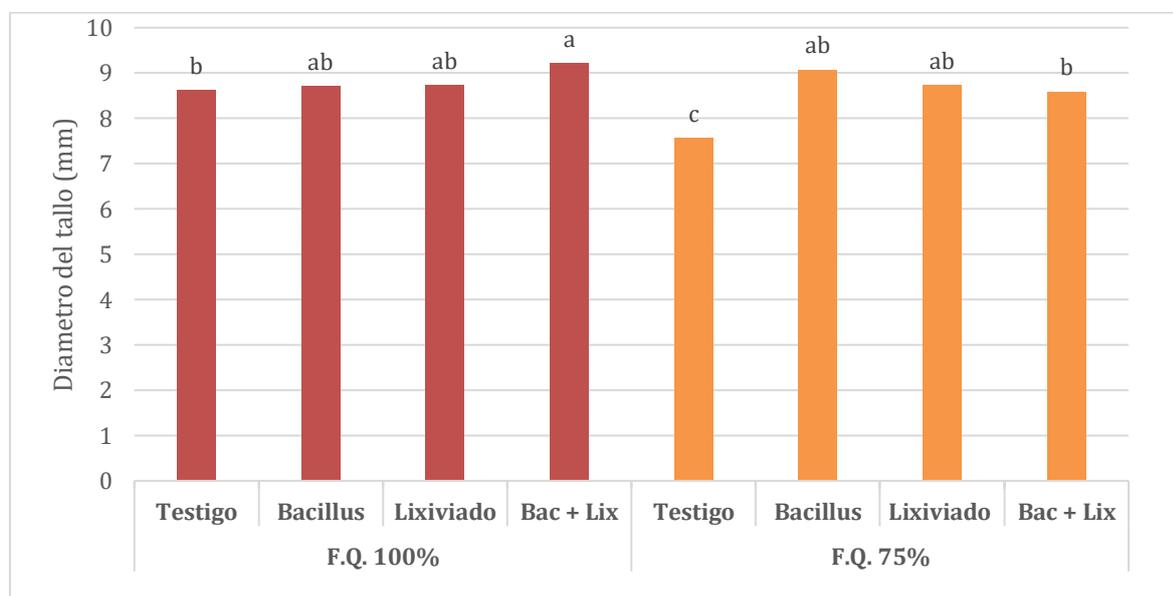


Fig. 2 Diámetro del tallo obtenido en el cultivo de pepino con diferentes biofertilizantes y lixiviado.

3.3 Peso promedio de fruto

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre peso promedio de frutos, podemos observar que hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, (Fig. 3). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* mas lixiviado y una F.Q. al 70%,

supera en 73.84 y 41.05 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias y lixiviado, que aumentan el peso del fruto.

Castillo y Toaquiza, (2023), reportan que al aplicar lixiviado de lombriz y biofertilizantes obtienen un incremento de 51 % en el peso del fruto en el cultivo de pepino. Sin embargo, nuestros resultados concuerdan a lo obtenido por López-Bósquez et al, (2024), quienes también encontraron diferencias entre la aplicación de los tratamientos evaluados.

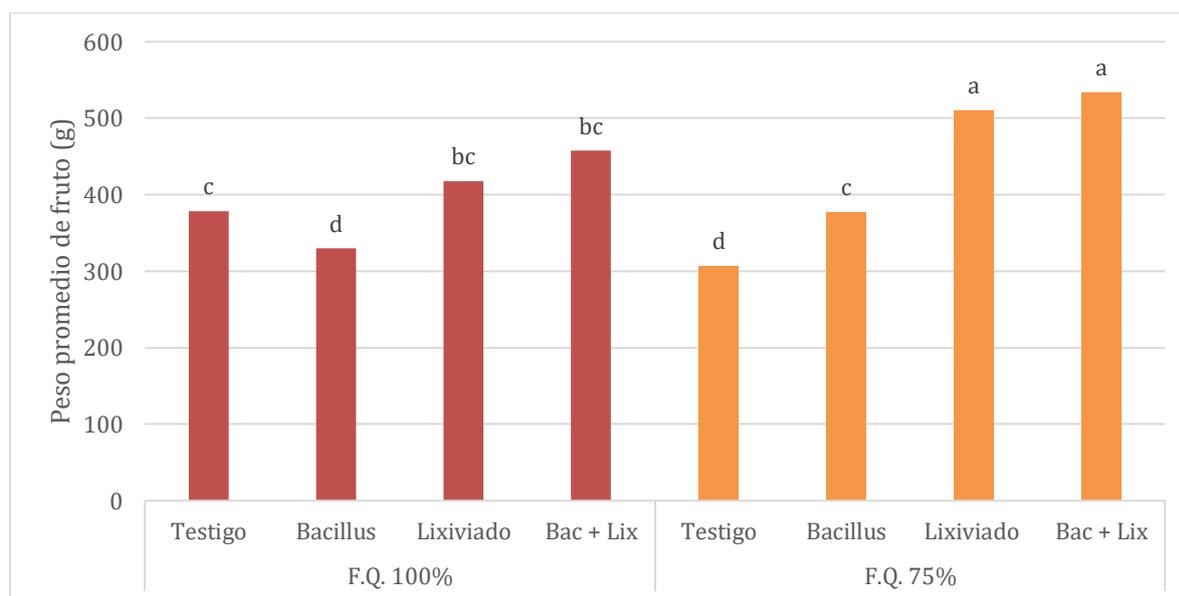


Fig. 3 Peso promedio del fruto de pepino obtenido con diferentes biofertilizantes y lixiviado.

3.4 Número de frutos

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre número de frutos, podemos observar que hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, (Fig. 4). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* mas lixiviado y una F.Q. al 100%, supera en 57.33 y 54.50 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias y lixiviado, que aumentan el número total de frutos.

Salazar-Salazar et al, (2022), al aplicar algas y biofertilizantes obtienen un incremento de 19.25 % en el número del fruto por planta en el cultivo de pepino. Sin embargo,

nuestros resultados concuerdan a lo obtenido por Vivianco y Ortiz, (2022), quienes también encontraron diferencias significativas entre la aplicación de los tratamientos evaluados.

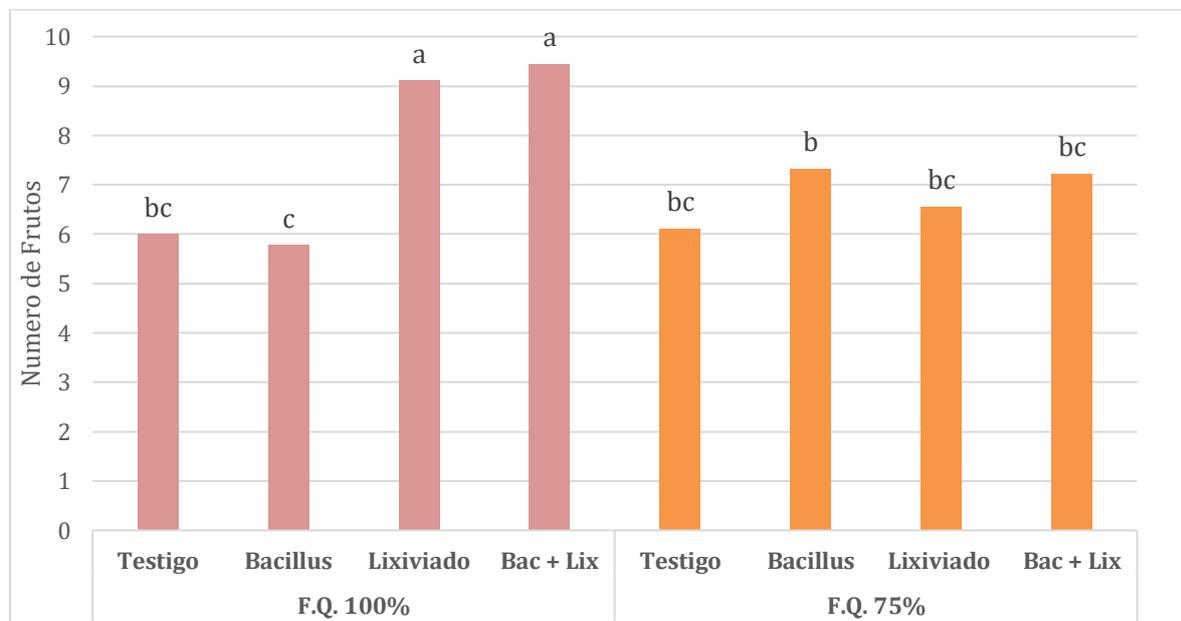


Fig. 4 Numero de frutos obtenidos en el cultivo de pepino aplicando biofertilizantes y lixiviado.

3.5 Número de flores

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre el numero promedio de flores, podemos observar que hubo diferencias entre los tratamientos aplicados, (Fig. 5). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* y una F.Q. al 100%, supera en 39.41 y 26.87 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias que aumentan la producción de flores en la planta.

Silva, (2015), al aplicar lixiviado y biofertilizantes obtienen un incremento de 18.85 % en el número de flores en el cultivo de pepino. Sin embargo, en nuestros resultados se encontraron diferencias más significativas entre la aplicación de los tratamientos evaluados.

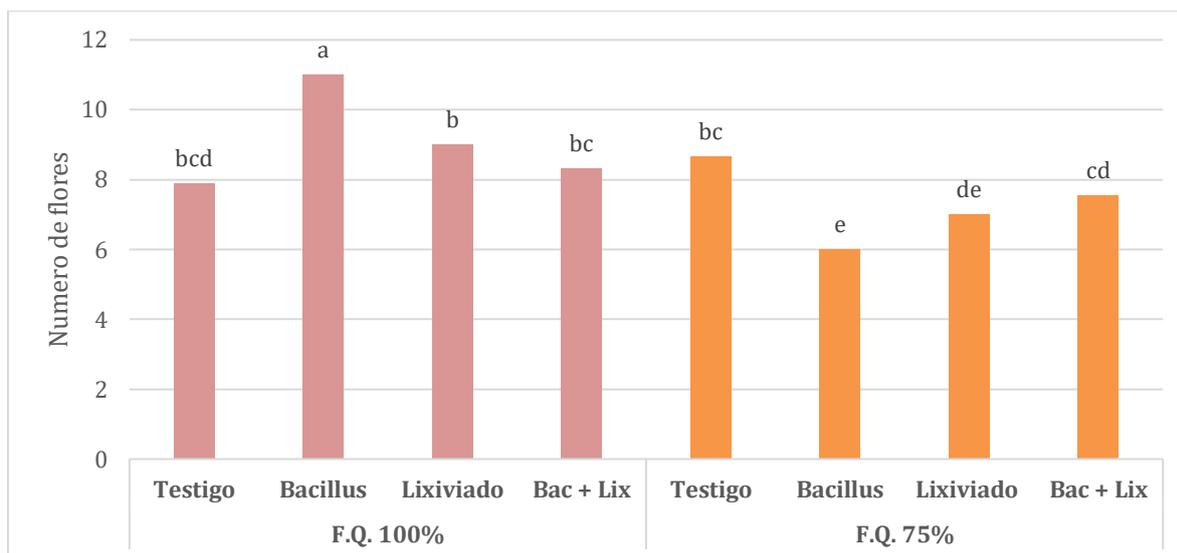


Fig. 5 Número de flores obtenidas en el cultivo de pepino obtenido con biofertilizantes y lixiviado.

3.6 Peso seco de planta

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre peso seco de la planta, podemos observar que hubo diferencias entre los tratamientos aplicados, (Fig. 6). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* y una F.Q. al 100%, supera en 27.87 y 42.24 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias, que hace que intervenga en la acumulación de biomasa en las plantas.

Paredes-Jácome et al (2022), indican que al aplicar biofertilizantes obtienen un incremento de 40.44 % en el peso seco de la planta en cultivo de pepino bajo invernadero. Sin embargo, nuestros resultados concuerdan a lo obtenido por Hurtado et al, (2023), quienes no encontraron diferencias entre la aplicación de los tratamientos evaluados con biofertilizantes y lixiviados.

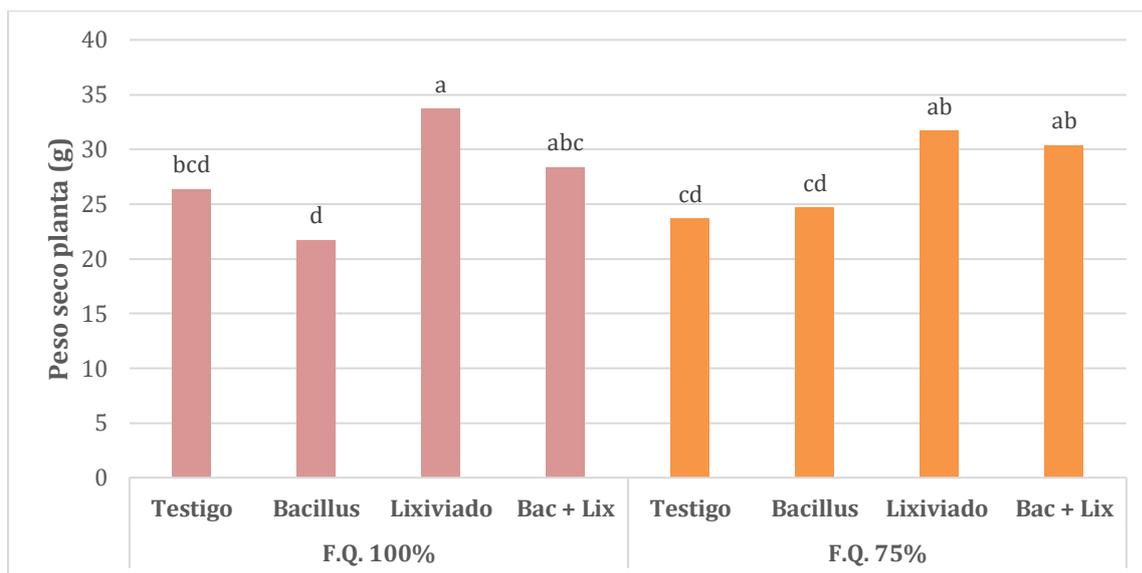


Fig. 6 Peso seco de plantas de pepino obtenido mediante aplicación de biofertilizantes y lixiviado.

3.7 Peso fresco de planta

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre peso fresco de la planta, podemos observar que no hubo mucha diferencia estadística entre los tratamientos aplicados, (Fig. 7). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus mas lixiviado* y una F.Q. al 75%, supera en 20.47 y 9.3 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias, que hace que intervenga en la acumulación de biomasa en las plantas.

Paredes-Jácome et al., (2022), reportan que al aplicar biofertilizantes como las rizobacterias obtienen hasta un incremento de 37.18 % en el peso fresco de planta de pepino. Sin embargo, nuestros resultados concuerdan a lo obtenido por Ramírez, (2023), quienes no encontraron grandes diferencias entre la aplicación de los tratamientos evaluados con biofertilizantes y lixiviados.

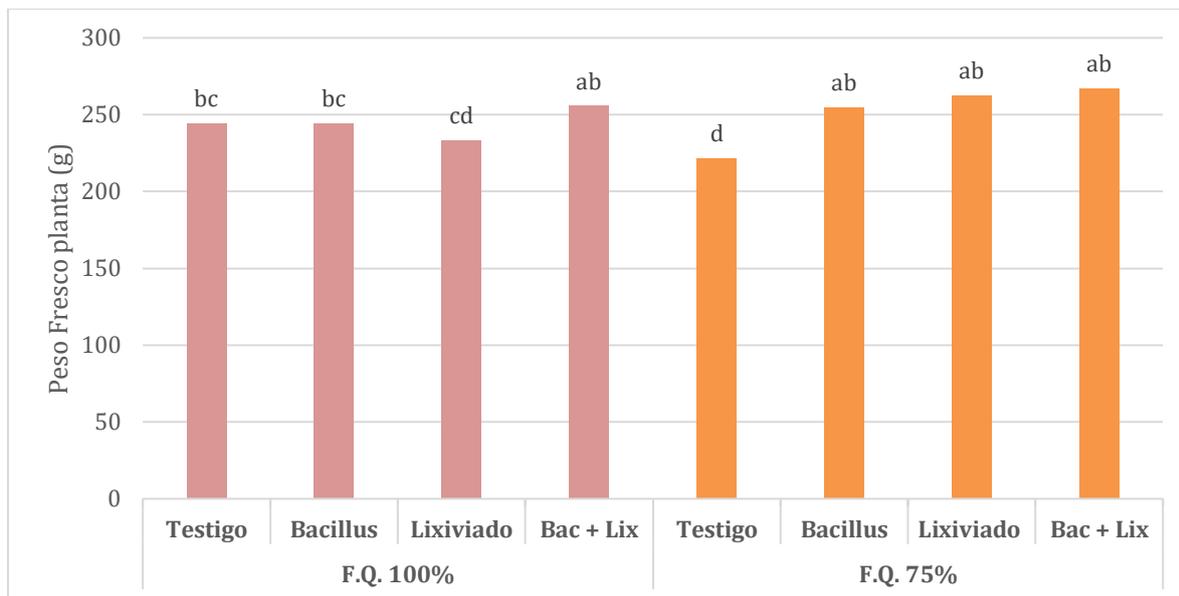


Fig. 7 Peso fresco de plantas de pepino obtenido mediante aplicación de biofertilizantes y lixiviado.

3.8 Firmeza de fruto

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre firmeza del fruto, podemos observar que hubo diferencia entre los tratamientos aplicados, (Fig. 8). Como se puede observar la aplicación de lixiviado y una F.Q. al 75%, supera en 37.09 y 29.77 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto que ocasionan las rizobacterias.

Gonzales, (2022), al aplicar biofertilizantes obtuvieron un incremento de 26.66 % en la firmeza del fruto de pepino en los diferentes tratamientos. Sin embargo, nuestros resultados concuerdan a lo obtenido entre la aplicación de los tratamientos evaluados con biofertilizantes y lixiviados.

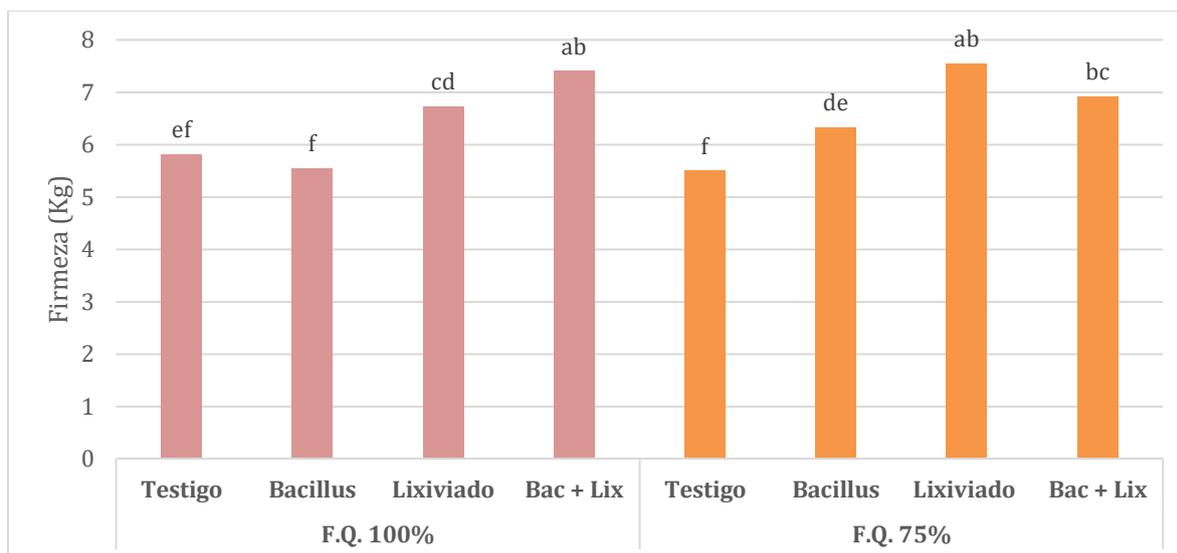


Fig. 8 Firmeza del fruto en cultivo de pepino con aplicación de diferentes biofertilizantes y lixiviado.

3.9 Sólidos solubles totales

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), podemos observar que hubo diferencia entre los tratamientos aplicados, (Fig. 9). Como se puede observar la aplicación de *Bacillus* y una F.Q. al 100%, supera en 99.46 y 89.03 % a lo obtenido con la aplicación del 75 y 100 % de F.Q. respectivamente. Esto se puede deber al efecto benéfico de las rizobacterias en la planta.

Aguilar, (2022), menciona que al aplicar biofertilizantes obtienen un incremento de 12.43 % en sólidos solubles totales en fruto de pepino. Sin embargo, nuestros resultados concuerdan a lo obtenido por Salazar-Salazar et al, (2022), quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la aplicación de los tratamientos evaluados en un 51 %.

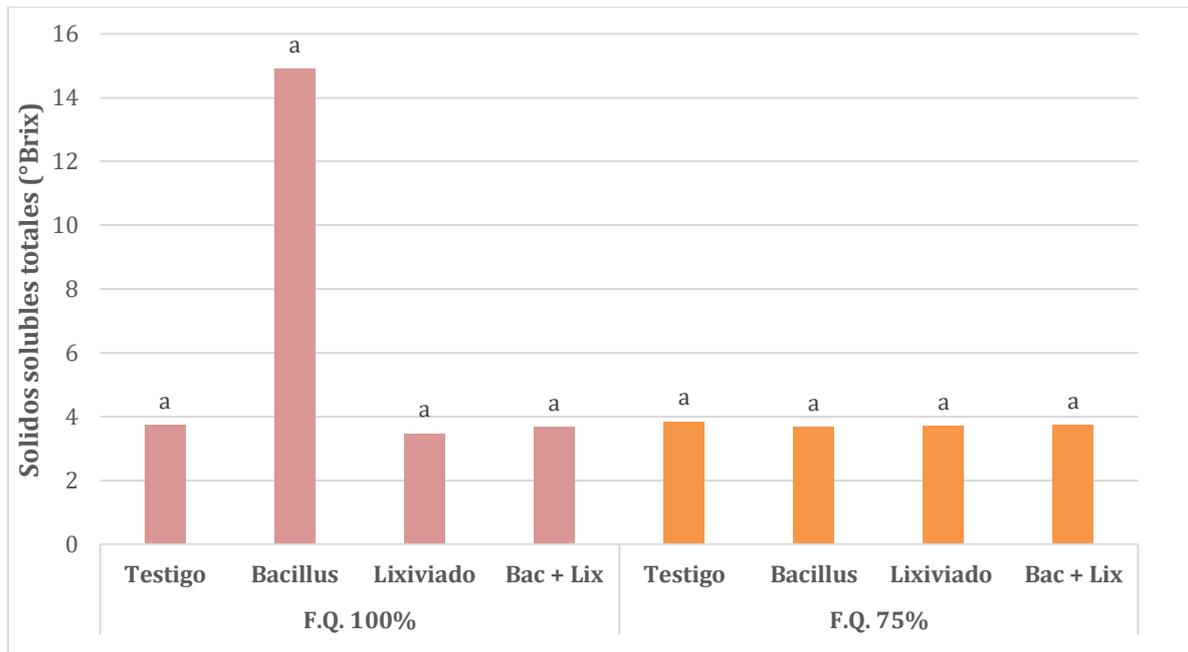


Fig. 9 Solidos solubles totales (°Brix) en fruto de pepino aplicando diferentes biofertilizantes y lixiviado.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo adquirido con la aplicación de rizobacterias y lixiviado específicamente los que se distinguen en mayores porcentajes (Bacillus y Lixiviado) en las variables: Peso seco de la planta, sólidos solubles totales (°Brix), Firmeza, peso fresco, número de frutos, altura de planta y número de flores respectivamente, demostrando así que los biofertilizantes son aptos de maximizar la biomasa en la planta y producción del cultivo de pepino, y así como la aplicación de lixiviados que promueve y equilibra el desarrollo de bacterias benéficas en el suelo.

Pese a que tuvimos factores desfavorables como escases de agua en la etapa reproductiva y altas temperaturas dadas en la parte experimental, los biofertilizantes que utilizamos mostraron y vimos que suele ser una opción favorable para las etapas de desarrollo crecimiento y reproducción en el cultivo de pepino. Es conveniente seguir con evaluaciones de estos beneficiosos productos tan amables con el medio ambiente, para la producción de hortalizas bajo invernadero e incluso a campo abierto.

5. REVISION BIBLIOGRAFICA

Margal, S.Y., Singh, A.K., Behera, T.K., Munshi, A.D. & Sukanta, D. (2018). Effect of planting time and fertilizer dose on growth, yield and quality of parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under polyhouse and nethouse conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(1), 63–69.

Mogollón, J., Martínez, A. Torres, D. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta agronómica* 64(4): 315-320.

De Pascale, S., Stanghellini, C. (2011). High Temperature Control in Mediterranean Greenhouse Productio: the Constraints and the Options. *Acta Horticulturae*, 893: 103-116.

Aguilar Ramírez, M. Y. (2022). Sistema acuapónico en la producción de pepino con el uso de efluentes del cultivo de tilapia con probióticos (*Bacillus toyonensis*). REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.

Ramírez, m. D. M. V. (2023), biofertilizante foliar a partir de los lixiviados generados en el proceso de vermicompostaje. Santiago de cali. universidad autónoma de occidente.

Castillo Peralta, A. J., & Toaquiza Chusin, L. O. (2023). Producción de tres variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.) con la aplicación de lixiviados en el cantón La Maná (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

López-Bósquez, J., Salazar-Saltos, A., Durán-Mera, C., Pincay-Ronquillo, W., Solano-Apunte, A., Zambrano-García, G., & Chusin-Gray, L. (2024). Efecto de enmiendas orgánicas sobre las características agronómicas y producción de pepino (*Cucumis Sativus* L.). *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(2), 01-10.

Salazar-Salazar, W., Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(1), ágs-177.

Paredes-Jácome, JR, Allende-Molar, R., Condoy, MMC, Cabrera, RR y Villarreal, RM (2022). Respuesta agronómica en plantas de pepino inoculadas con biofertilizantes y modificación de potasio y azufre en la solución nutritiva. *Revista Biológica Agropecuaria Tuxpan*, 10 (2), 239-246.

Padrón González, L. (2022). Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes y fitomas-e® sobre el rendimiento y calidad del fruto del pepino en organopónico (Doctoral dissertation, Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Agropecuarias).

Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Calzada, K. P., Olivera, D., Hernández, Y. J., & Pérez, A. C. (2023). Coinoculación de biofertilizantes microbianos en pepino y habichuela y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Temas agrarios*, 28(2), 220-232.

Vivanco Viteri, B. W., & Ortiz Tirado, J. C. (2022). Efecto del biofertilizante a base de espirulina (*Arthrospira platensis*) sobre la productividad de pepino (*Cucumis sativus*) en un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis sp.*) [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

Chusin Gray, L. F., & Zambrano García, G. C. (2023). Producción del cultivo de pepino (*cucumis sativus*) con aplicación de diferentes abonos orgánicos y convencionales (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, (UTC)).

Ibarbo Espinoza, K. Y., & Ibarbo Espinoza, K. J. (2024). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con la aplicación de dos bioestimulantes a base de purines (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Arias, S. (2007). Manual de Producción de Pepino. usaid-red proyecto de diversificación económica rural, 6-28p.

Al-Hchami, S. y Salloom, Y. (2023). Biofertilizers, types, Benefits and their role in improving the growth of fruit trees and vegetative plants. 48-49p.

Anovel Amet B.A (2022). Report of *Caliothrips phaseoli* (Hood) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaeothripinae) in onion in Panama. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, pág. 2.

Bayer Vegetables Mexico. (4 de Abril de 2018). Producción y exportación del pepino cultivado en México.

Bayer (21 Julio 2022). Enfermedades por virus del mosaico de la calabaza.

Carlos R.B, Rodrigo G., Edwin V. (2012). Ecofisiología del cultivo y manejo del pepino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Editorial Gente Nueva, 48-49p.

Constanza Jana A. Verónica Arancibia A. Cornelio Contreras S. Víctor Alfaro E. (2000). caracterización morfológica, productiva y nutracéutica de pepinos dulces. instituto de investigaciones agropecuarias (inia) / ministerio de agricultura, 81.

Bravo Bravo, P., Zambrano Bravo, J., Párraga Muñoz, L., & Rivera Fernández, R. (2011). Influencia de la densidad de siembra y la poda en el cultivo del pepino (*cucumis sativus*). revista espamciencia issn 1390-8103, 2(2), 51-54.

Camelo, M. , S. P. Vera, y R. R. Bonilla (2011). «Mecanismos De acción De Las Rizobacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal». Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, vol. 12, n.º 2, pp. 159.

Casaca, Á. D. (Abril de 2005). Gías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. El Cultivo del Pepino, 3p.

Chacon-Padilla, K. & Monge-Perez, J. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Tecnología en Marcha*. vol.33, n.1, pp.17-35. ISSN 0379-3982.

Fornaris, G. J. (2001). Características de la planta . Conjunto Tecnológico para la Producción de Pepinillo de Ensalada. Colegio de Ciencias Agrícolas. Costa Rica, ECAG.

Fuentes P., E.S. 2015. Descripción De La Dinámica De Absorción Nutricional En El Cultivo De Pepino (*Cucumis sativus* L.) híbrido Diomedea), Bajo Condiciones De Invernadero En El Centro Experimental Docente De La Facultad De Agronomía (Ceda), Guatemala, C.A. Tesis. Ingeniero Agronomo. Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Agronomía. Guatemala. 4p.

GONZALEZ MANCILLA, Apolinar et al. Caracterización y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *rev. int. contam. ambient [online]*. 2017, vol.33, n.3 [citado 2024-05-21], pp.463-474.

González Morejón, Noyma, Martínez Coca, B, & Infante Martínez, Danay. (2010). Polvo suave en cucurbitaceae. *revista de protección vegetal* , 25 (1), 44-50.

Harry S. París, M.-C. D. (2011). Occidental diffusion of cucumber (*Cucumis sativus*) 500-1300 CE: two routes to Europe. Oxford University Press, 1.

Héctor D.M, (2018). El potasio en la calidad nutraceutica de frutos de pepino hidropónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen especial número 20*, 4246.

Itelima, JU, Bang, WJ, Onyimba, IA y Oj, E. (2018). A review: Biofertilizer - A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *J Microbiol Biotechnol Rep* , 2 (1), 22-28

Koike, S., & Bolda, M. (2016). El moho gris o pudrición de fresa. United States: California Strawberry Commission.

Kumar, R., Kumawat, N. y Sahu, YK (2017). Role of Biofertilizers in Agriculture. *Kheti popular* , 5 (4), 63-66.

Martínez-Scott, M. M., & Ruiz-Hernández, J. (2018). Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. Annumm). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 5(15), 20p.

Mohammadi, K. y Sohrabi, Y. (2012). Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review. *arpn j agric biol sci* , 7 (5), 307-316.

Morales P, Cermeli M. (Agosto de 2002). Evaluación de la preferencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Moreno Reséndez, Alejandro, Carda Mendoza, Verónica, Reyes Carrillo, José Luis, Vásquez Arroyo, Jesús, & Cano Ríos, Pedro. (2018). Rizobacterias promotoras del

crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20 (1), 68-69p.

Noyma González Morejón, B. M. (2010). Mildiu polvoriento en las cucurbitáceas. *protección vegetal*. vol. 25 no. 1, 46p.

Olin V., J.O. 2021. El Cultivo De Pepino (*Cucumis Sativus L.*), En Condiciones De Cielo Abierto E Invernadero. Tesina. Ingeniero Agronomo. Universidad Autónoma Del Estado De México, Facultad De Ciencias Agrícolas. Toluca, Estado De México. 23p.

Lucía Corrales R. (2016). *Bacillus spp*: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. , Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 46.

Luisa V.R., & Jairp C.Z. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (sacc.) w.c. snyder & h.n. hansen*]: una revisión. *revista u.d.c.a actualidad & divulgación científica*, 20(2), 363-374.

Luz Adriana Pedraza, Camilo Ernesto López, Daniel Uribe-Vélez. (2019). Mechanisms of action of *Bacillus spp.* (Bacillaceae) against phytopathogenic microorganisms during their interaction with plants. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, 112p.

Procuraduría General del Consumidor, (18 de Mayo de 2020). Pepino, fresco y saludable. Paullier, J. (2003). Plagas: insectos y ácaros. *INIA Boletín de Divulgación*, 35p.

Rosa María Arias Mota, A. d. (2019). Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 10 número 8*, 1748p.

Retana K., José R.C., & Mónica B.M.,. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum F. SP.Apii* asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 117p.

SAGARPA. (s.f.). *Cucumis sativus*. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM), 1-10p.

SAGARPA, CVTTS . (2018). Paquete tecnologico de produccion de lombricomposta. humus y lixiviado de lombriz. 6p.

Salas, H., Goane, L., Casmuz, A., & Zapatiel, Sebastián. (2006). Control del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en plantas de limonero en vivero con insecticidas sistémicos. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 83(1-2), 49-52.

Sasilimas, H. et al. 2012. Manual de producción de pepino bajo invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 76-113p.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (16 de Marzo de 2020). De la familia de las cucurbitáceas, el pepino es el consentido. pág. 1.

Orsho R.A (2021). Análisis Económico Del Pepino Persa En Condiciones De Invernadero En Guerrero Y Estado De México, 2020. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 48, pp. 678-689, 2021, 2p.

Terrones-Salgado, José, Nieto-Angel, Daniel, Nava-Díaz, Cristian, Téliz-Ortiz, Daniel, García-Velasco, Rómulo, Vallejo-Pérez, Moisés Roberto, & Sánchez-García, Prometeo. (2019). Botrytis cinerea causante del moho gris en frutos de zarzamora en México. Revista mexicana de fitopatología, 37(3), 365-382.

Torres, E. F. (17-19 de Junio de 2020). Análisis de la producción de pepino y pepinillos en México. pág. 112.

Torres, J. R. (2015). Produccion de pepino (Cucumis sativusL.) tutorado y sin tutorar con dos abonos organicos. Quevedo-Los Rios. Ecuador.

Universidad Estatal de Pensilvania. (2017). Produccion de pepino. En Alternativas Agrícolas (p. 2p). Proyecto de Agricultura de Pequeña Escala y de Tiempo Parcial en Penn Stat.

Venegas-Vera, J. J., & Pincay-Menéndez, J. D. (2024). Efectos del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, Trichoderma sp y microorganismo eficiente en crecimiento de plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) en semillero. MQRInvestigar, 8(1), 3493-3508.

Zamora, E. (2017). El cultivo de pepino tipo slicer – americano (Cucumis sativus L.) bajo cubiertas plasticas. Cultivos Protegidos HORT-CP-008 , 3p.

6. ANEXOS

6.1 Análisis de varianza de los tratamientos en variables evaluadas en plantas de pepino Arsen-F1

Variable:	Cuadrados medios:	F	p-Valor
Altura de planta			
Diámetro de tallo			
Longitud de raíz			
Peso fresco planta			
Peso fresco raíz			
Peso seco planta			
Peso seco raíz			
Número de flores			
Número de frutos			