

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE RIZOBACTERIAS EN LA CALIDAD DEL FRUTO PEPINO
(*Cucumis sativus* L.) EN INVERNADERO.

Tesis

Que presenta CELIA XALPA RANGEL

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Torreón, Coahuila.

Agosto 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

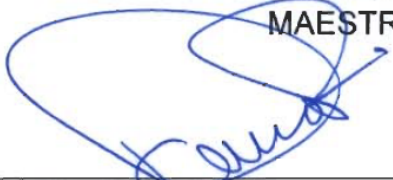


EFFECTO DE RIZOBACTERIAS EN LA CALIDAD DEL FRUTO PEPINO
(*Cucumis sativus* L.) EN INVERNADERO.

Tesis

Que presenta CELIA XALPA RANGEL

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



Dr. Pedro Cano Ríos
Director (UAAAN)



Dr. Jorge Sáenz Mata
Director Externo

Torreón, Coahuila.

Agosto 2020

EFFECTO DE RIZOBACTERIAS EN LA CALIDAD DEL FRUTO PEPINO
(*Cucumis sativus* L.) EN INVERNADERO.

Tesis

Elaborada por CELIA XALPA RANGEL como requisito parcial para obtener el
grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la supervisión y aprobación del
Comité de Asesoría

Dr. Pedro Cano Rios
Asesor Principal

Dr. José Luis Reyes Carrillo
Asesor

Dr. Lucio Leos Escobedo
Asesor

Dr. Jorge Sáenz Mata
Asesor

Dr. Uriel Figueroa Viramontes
Asesor

Dra. Leticia Romera Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL). Por la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado en su programa y otorgarme todo el apoyo incondicional y las facilidades para el desarrollo de mi trabajo.

A mi Asesor Principal de tesis el Dr. Pedro Cano Ríos. Agradezco su acompañamiento durante todo este proceso, no solo en el proyecto sino también en el asesoramiento de clases, por sus consejos, por compartir sus experiencias y aprendizajes, la motivación para no rendirme, la paciencia para explicarnos, que sin duda me han hecho ser mejor persona y profesionalista. Por eso y mucho más solo puedo decir Gracias.

A mis asesores, Dr. José Luis Reyes Carrillo, Dr. Lucio Leos Escobedo, Dr. Uriel Figueroa Viramontes y Dr. Jorge Sáenz Mata. Por ser parte de este equipo de trabajo, por la asesoría, acompañamiento, consejos y por el apoyo brindado en las revisiones de tesis. Muchas gracias.

Al Departamento de Posgrado que me han apoyado de manera incondicional, orientándome para la culminación de este proyecto, Dra. Leticia Gaytán, Dra. Dalia Ivette Carrillo, a la Sra. Aurelia, Dr Horacio Hernandez Hernandez, Muchísimas Gracias.

A Esther Peña Revuelta. Por la atención brindada durante mi estancia en el postgrado. Gracias por todo su apoyo para cumplir este objetivo.

A mis amigos por compartir conmigo sus experiencias y tiempo, dejando un recuerdo hermoso de esta etapa en mi vida. Inés, Julieta, Aurelio, Gemma, Xochilth, Nancy, Laura, Rocio, Abby, Aimir, Felipe, Verónica, Ivan. Muchas Gracias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría y lograr cumplir un objetivo más en mi desarrollo académico.

DEDICATORIA

Primeramente, a **DIOS** por permitirme llegar hasta este momento, brindándome salud, amor, alegrías, éxitos y poner a hermosas personas en mi camino, por nunca soltarme.

A mis padres, mis pilares Benito Xalpa Najera y Teresa Rangel García, por enseñarme a ser una persona amable, fuerte, decidida, luchar por mis sueños, a aprender a levantarme y a superarme día con día. Gracias por todo su apoyo infinito, la confianza que me brindan, sus consejos y jalones de orejas, por darme su amor sincero e incondicional y nunca dejarme sola, Gracias por ser mis padres, y este logro también es para ustedes. Los Amo.

A mis hermanos. Yuliana y Benito Tadeo Xalpa Rangel quienes me han inspirado de formas diferentes a seguir adelante y ser mejor cada día, a perder miedos y ver diferentes las cosas. Gracias por todo su apoyo incondicional. Gracias por SER quienes son. Los amo.

A mis sobrinos. Frida, Fanny, Benito, y futuro Pablo a quienes amo y brindan alegría a mi vida.

A mi Hijo Jesús Antonio. Mi amor eres mi mayor razón y mi motor de vida, llegaste a enseñarme que cuando uno quiere las cosas se pueden hacer, y se hacen bien. Que no hay obstáculo que no podamos vencer, somos un gran equipo. Te Amo con todo mi ser, gracias por alegrarme mis días con tus sonrisas y pruebas de cariño que hacen de los días más pesados un aprendizaje. Te Amo.

A toda mi familia y amigos que compartieron conmigo este camino, por estar a mi lado en la distancia, por su tiempo, por sus consejos, por sus ánimos, por su apoyo y por creer en mí. Por nunca dejarnos solos a Toñin y a mí. Gracias por ser parte de mi vida. Cuñado Emmanuel, Cuñada Betzy, Jazmín, José Juan, Alfonso, Luis Antonio, Perla, Lucy, Raúl, Floricel, Ulises, Nereida.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
1 REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.1 Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L)	4
1.1.1 Nutrición.....	6
1.2 Rizosfera.....	8
1.3 Biofertilizantes	10
1.4 PGPR (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>)	12
1.4.1 Pruebas de PGPR en cultivos.....	14
1.4.2 Efecto de la inoculación de PGPRs en plántulas de pepino.....	15
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 Localización del experimento.....	16
2.2 Obtención de sustratos	16
2.2.1 Arena de río	16
2.2.2 Perlita	16
2.3 Llenado de macetas	16
2.4 Riegos para desalinizar los sustratos	18
2.5 Genotipo	18
2.6 Siembra	18
2.7 Rizobacterias de estudio.....	19
2.8 Inóculo	19
2.8.1 preparación del inóculo	19

2.8.2	Inoculación del cultivo	20
2.9	Tutorado	20
2.10	Riego y fertilización	21
2.11	Control de plagas	22
2.12	Factores estudiados	23
2.13	Diseño Experimental	23
2.14	Análisis Estadístico.....	26
2.15	Cosecha	26
2.16	Variables a medir.....	27
2.16.1	Peso de los frutos (gramos).	27
2.16.2	Longitud del fruto (cm).	27
2.16.3	Diámetro del fruto (cm).....	28
2.16.4	Firmeza de la cáscara del fruto (kg).....	28
2.16.5	Firmeza de la pulpa del fruto (kg).....	29
2.16.6	Ancho de pulpa del fruto (cm)	29
2.16.7	Sólidos Solubles (°Brix).....	30
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1	Peso del fruto.....	31
3.2	Longitud del fruto	32
3.3	Diámetro del fruto	33
3.4	Firmeza de la cáscara del fruto.....	34
3.5	Firmeza de la pulpa del fruto	35
3.6	Ancho de la pulpa del fruto	36
3.7	Sólidos solubles.....	36
4	CONCLUSIONES	41
5	REFERENCIAS	42
6	ANEXOS.....	52

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Preparación del sustrato 75 % arena de río y 25 % perlita. UAAAN-UL 2020.....	17
Figura 2. Llenado y acomodo de macetas. UAAAN-UL 2020.	17
Figura 3. Siembra directa de pepino. UAAAN-UL 2020.	18
Figura 4. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) utilizadas en el proyecto, <i>Bacillus paralicheniformis</i> (LBEndo1), <i>Pseudomonas lini</i> (KBEcto4) y la combinación de ellas. UAAAN-UL 2020.....	19
Figura 5. Inoculación de las PGPR en plantas de pepino, Izquierda a los 5 días, Derecha a los 30 días despues. UAAAN-UL 2020.....	20
Figura 6. Tutorio de la planta de pepino. UAAAN-UL 2020.	21
Figura 7. Aplicación extracto de neem para el control de mosquita blanca y pulgón. UAAAN-UL 2020.	23
Figura 8. Distribución de los tratamientos estudiados en el invernadero utilizado, con su pared humedad y extractores. UAAAN-UL. 2020.....	25
Figura 9. Identificación del fruto de pepino antes de la cosecha. UAAAN-UL 2020.....	26
Figura 10. Tomando peso de pepino después de la cosecha. UAAAN-UL 2020.	27
Figura 11. Pepinos apilados en la mesa antes de tomar medidas. UAAAN-UL 2020.....	27
Figura 12. Toma de diámetro del fruto. UAAAN-UL 2020.	28
Figura 13. Toma de Firmeza del fruto. UAAAN-UL 2020.	28
Figura 14. Toma de Firmeza de la pulpa del pepino. UAAAN-UL 2020.	29
Figura 15. Toma de diámetro de la pulpa del pepino. UAAAN-UL 2020.	29
Figura 16. Toma de sólidos solubles (°Brix). UAAAN-UL 2020.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas y químicas del agua común utilizada en el experimento en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón; Coahuila 2018. UAAAN-UL 2020.....	22
Cuadro 2. Tratamientos establecidos con PGPR inoculadas, dosis de fertilización y variedad de pepino bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2020.....	24
Cuadro 3. Media general de la variable peso del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.	31
Cuadro 4. Media general de la variable longitud del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.	32
Cuadro 5. Media general de la variable diámetro del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.	33
Cuadro 6. Media general de la variable firmeza de cáscara del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.....	35
Cuadro 7. Media general de la variable firmeza de la pulpa del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.....	35
Cuadro 8. Media general de la variable ancho de la pulpa del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.....	36
Cuadro 9. Media general de la variable sólidos solubles del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.....	37
Cuadro 10. Comparación del resultado de las Medias aplicando DMS en los factores bacterias, variedad, solución nutritiva y sus interacciones, para cada una de sus variables, en la calidad del fruto pepino. UAAAN-UL 2020.	38
Cuadro 11. Análisis estadístico de los factores bacterias, variedades, solución nutritiva e interacciones. UAAAN-UL 2020.	39

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue evaluar el comportamiento del pepino (*Cucumis sativus* L.) inoculando con 2 PGPR *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1) y *Pseudomonas lini* (KBEcto4), la interacción entre ellas y un testigo sin bacteria, aplicando dos concentraciones de la fórmula Steiner al 75 y 100 por ciento bajo condiciones de invernadero, y ocupando dos variedades de pepino (Irit Americano y # 4 Americano) en un sustrato de arena + perlita (75 / 25 %), para ello se utilizó un diseño experimental bloques totalmente al azar con arreglo factorial 4 x 2 x 2, donde los factores fueron: a) PGPR, b) Solución, c) Variedad, y las variables fueron: peso, largo y ancho de fruto, dureza de la cáscara y de la pulpa, ancho de la pulpa y °Brix. Los datos fueron organizados y analizados estadísticamente en el programa SAS por análisis de varianza y comparación de medias la prueba LSD con 0.05 por ciento. Se descartó la hipótesis “La inoculación de las PGPR en las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), aumentan la calidad y el peso en los frutos” al no tener significancia en el factor Bacteria en ninguna de las variables, puedo asumir que la inoculación en el sustrato arena/perlita (75 / 25 %) en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero no es viable y genera un costo innecesario. Sin embargo, al no encontrar significancia estadística en el factor Solución, se puede concluir que la solución Steiner al 75 por ciento puede llevar al cultivo de pepino hasta la cosecha con una producción rentable; en las dos variedades.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L, *Bacillus paralicheniformis*, *Pseudomonas lini*, LBEndo1, KBEcto4, PGPR.

ABSTRACT

The objective of the project was to evaluate the behavior of the cucumber (*Cucumis sativus* L.) by inoculated with two PGPR *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1) and *Pseudomonas lini* (KBEcto4), the interaction among them and a control without bacteria, applying two concentrations of the Steiner formula at 75 and 100 percent under the greenhouse conditions whit two varieties of cucumber (Irit Americano y #4 Americano) in a sand substrates + perlite (75 / 25 %), an experimental design in randomized block was used arrangement 4x2x2, where the factor were: a) PGPR, b) Solution, c) Variety, and variables were weight, length and wide of the fruit, strenght of the peel and the pulp, wide pulp and °Brix. The data were statistically organized and analyzed in the SAS program by analysis of variance and comparison of means by the LSD test with 0.05 percent. The hypothesis "Inoculation of the PGPR on the cucumber (*Cucumis sativus* L.), increases the quality and weight of the fruits" was discarded as there was no significance in the bacteria factor in any of the variables, it can assumed that the inoculation into the sand / perlite substrate (75 / 25 %) in the cucumber crop under greenhouse conditions is not feasible and generates unnecessary cost. However, it was not found statistical significance in the Solution factor, it is possible to say that Steiner solution at 75 per cent may lead the growing of cucumber until the harvest whit a profitable yield with both varieties.

Keywords: *Cucumis sativus* L, *Bacillus paralicheniformis*, *Pseudomonas lini*, LBEndo1, KBEcto4, PGPR.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de hortalizas bajo invernadero ha incrementado significativamente, ocupando la producción de pepino el 10 % de la superficie (López-Elias *et al.*, 2015).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica en el mundo (Bai, *et al.*, 2016; Barraza-Álvarez, 2017). Se cultiva en casi todo el mundo principalmente para consumo de sus frutos no climatéricos en estado inmaduro. En 100 gramos de pepinos poseen alto contenido de agua (96.7 %) y pocas calorías (9 cal); además contienen vitamina A (20 UI), vitamina B1 (0.02 mg), vitamina B2 (0.02 mg), vitamina B3 (0.1 mg), vitamina C (8 mg) y minerales como calcio (7 mg), potasio (147 mg), hierro (0.3 mg), fósforo (30 mg) y magnesio (13 mg) (Barraza-Álvarez, 2015; Caicedo, 1993; Kazemi, 2013; Tsuchida *et al.*, 2010).

En México es un cultivo importante por el consumo y recursos generados en su producción. Los estados de Sinaloa, Michoacán, Sonora y Morelos destacan como principales productores de esta hortaliza. En el año agrícola 2019 a nivel nacional fueron sembradas 16,200 ha de pepino de las cuales se obtuvieron 826,402 toneladas que generaron 5,496,036 millones de pesos por su comercialización (SIAP, 2019).

La producción de hortalizas como el pepino en ambientes protegidos se ha convertido en alternativa para muchos productores; el uso de invernaderos o los diferentes sistemas de protección de las plantas ofrecen beneficios que hacen que la producción en regiones no tradicionales se facilite, ya que permite su producción durante todo el año (López-elías *et al.*, 2011; Ramirez-Vargas *et al.*, 2012; Sandí-Mendoza *et al.*, 2016).

Para incrementar la producción y calidad de hortalizas en México, se deben utilizar las tecnologías modernas disponibles. Entre éstas se encuentran el injerto y la agricultura protegida. Los cultivos en invernadero de tecnología

media ofrecen al horticultor la ventaja de controlar con precisión el agua y fertilizantes aplicados a las plantas de acuerdo con su estado fenológico. También se puede controlar temperatura, ventilación, humedad, luminosidad, disponibilidad de CO₂ e incidencia de insectos plaga y de enfermedades, entre otras ventajas (Hernández-González *et al.*, 2014).

Este progreso tecnológico ha dado como resultado que desde el 2006 hasta la fecha, la producción de pepino haya aumentado un 65 %. En los últimos dos años la exportación creció un 8.1 %; los países a los que se destina el pepino sembrado en México son principalmente Canadá, Estados Unidos y Costa Rica (Seminis, 2018).

Los suelos salinos constituyen un grave problema en la agricultura, debido a que suprimen el crecimiento de las plantas y su rendimiento en todo el mundo. En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa. Se estima que la superficie afectada es del orden de un millón de hectáreas (Serrato-Sánchez *et al.*, 2002).

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (de las siglas en inglés; PGPR), tienen la capacidad de colonizar las raíces y estimular el crecimiento de la planta. La actividad de PGPR ha sido reportada por cepas de muchos géneros como: *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Gluconoacetobacter*, *Pseudomonas* y *Serratia* (Canchignia-Martinez *et al.*, 2015; Somers, *et al.*, 2004).

Además ciertas cepas de PGPR tienen el potencial de mitigar los impactos negativos del estrés de la salinidad en el crecimiento de plantas de pepino, pero con una eficacia variable debido a las diferencias en la competencia de la rizosfera y la diversa capacidad de las cepas de PGPR para expresar rasgos promotores del crecimiento bajo condiciones de estrés por salinidad (Nadeem *et al.*, 2016).

El aumento de la demanda alimenticia y la escasez de tierras cultivables son dificultades que se presentan en el incremento de la producción. Al encontrar un balance entre el uso de PGPR y la producción de cultivos, estaríamos contribuyendo a minorar el uso de productos agroquímicos, que sin duda incrementan el rendimiento de los cultivos, pero a su vez dañan irreversiblemente al medio ambiente.

Siendo que el cultivo de pepino es de gran importancia económica para México y bajo el contexto que las PGPR podrían ser una alternativa para la producción de pepino, la presente investigación se planteó el siguiente objetivo, evaluar el comportamiento del pepino (*Cucumis sativus* L.) inoculando dos rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1) y *Pseudomonas lini* (KBEcto4) y sus combinaciones, sobre su producción y calidad de dos variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.) número cuatro americano e irit americano, con solución nutritiva al 100 y al 75 % bajo condiciones de invernadero.

1 REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Pepino (*Cucumis sativus* L)

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas con mayor demanda en el mundo. En México es un cultivo importante por el consumo y recursos generados por su producción (Yáñez-Juárez *et al.*, 2012). Los frutos del pepino de mesa (*Cucumis sativus* L.) son especialmente recomendables para aquellos que desean bajar de peso. Puede consumirse crudo, como ingrediente de ensaladas, sopas frías y agua, Las hortalizas ocupan un lugar importante en la economía de México (Avendaño-Ruiz & Schwentesius-Rindermann, 2005). Están formados en un 95 % de agua y un escaso valor calórico, que no llega a las 20 calorías por cada 100 gramos, que los hace extremadamente ligeros y adecuados para combatir la obesidad (Martínez-Frías, 2012).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) representa una alta demanda en el mercado nacional como en el internacional, propiciando que los productores implementen este cultivo en condiciones protegidas (invernadero y malla sombra), principalmente en los estados de Baja California, Sinaloa y San Luis Potosí (Avendaño-Ruiz & Schwentesius-Rindermann, 2005).

Las hortalizas constituyen un grupo de cultivos fundamentales dentro de la producción agrícola, representando un renglón importante desde los puntos de vista tanto económico como social para muchos países, al jugar un papel importante en la alimentación humana por su riqueza en vitaminas, ácidos orgánicos fácilmente asimilables, sales minerales y aceites esenciales, lo que ha motivado el incremento continuo de su producción a escala mundial (Pulido *et al.*, 2003).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) pertenece a la familia Cucurbitaceae, que incluye más de 800 especies distribuidas a través de regiones tropicales y subtropicales (Boualem *et al.*, 2014). Son plantas, casi todas herbáceas, trepadoras o rastreras, que producen frutos muy grandes y protegidos por una

corteza firme (Martínez-Frías, 2012). Esta hortaliza es muy valorada por su período vegetativo corto y por tratarse de un cultivo con gran adaptabilidad de siembra, pues puede prosperar incluso en el clima invernal. Aunque se pueda sembrar en cualquier temporada, el pepino es más abundante durante la estación de primavera (Seminis, 2018). La duración del ciclo del pepino bajo condiciones de invernadero es de 108 días en invierno, lo que da oportunidad de realizar dos siembras al año prolongando así la ventana de producción (López-Elias *et al.*, 2015). Cabe mencionar que el calor acelera la maduración de la planta por lo que acorta aún más su ciclo de producción.

La densidad óptima de plantación es un factor importante para maximizar la producción en muchos de los cultivos. En la actualidad, el espaciamiento comúnmente usado en pepino es de 1.5-2.0 metros entre hileras y 0.2-0.3 metros entre plantas. Se han realizado diversos estudios evaluando el efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento y la calidad de pepino (Nerson, 1998; Schultheis *et al.*, 1998; Staub *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos sugieren que la densidad de plantación óptima varía significativamente entre cultivares y el ambiente en el que se desarrolla el cultivo (Ngouajio *et al.*, 2006). López-Elias *et al.*, (2015), señalan según su investigación que la densidad de plantación, al igual que el uso del injerto en pepino, no afectó el número de frutos por tallo y el peso del fruto, al igual que la calidad de los mismos y no presentó efecto en el inicio a la floración y descuelgue del cultivo, al igual que en la presencia de virosis y concluye que La densidad de plantación óptima varía significativamente entre cultivares y el ambiente en el que se desarrolla el cultivo. Dicho esto se debe cuidar estos efectos en nuevas variedades, siendo necesario optimizar la densidad de plantación en la producción de pepino, especialmente en aquellas variedades con costos elevados de semilla (López-Elias *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2010).

La demanda de pepino en México en el 2014 fue de 707 632 toneladas en un área de 16 808 ha con un rendimiento promedio de 42 t ha⁻¹, de la producción el 82.66 % fueron exportaciones (FAOSTAT, 2016). Sinaloa es el estado de

nuestro país que más produce y exporta pepino, y es su segundo cultivo de más importancia después del tomate. En invernadero se pueden llegar a cosechar hasta 179 toneladas por hectárea, el pepino tipo *slicer* o de mesa para rebanar, representa el 80 % de la producción, y se subdivide a su vez en los tipos americano y europeo, también conocido como inglés (Seminis, 2018).

El deterioro ecológico ocasionado en muchas zonas agrícolas, se debe en parte al abuso que se hace de los insumos sintéticos empleados en la tecnología de la “Revolución Verde”, destacando el incremento en las dosis empleadas de fertilizantes y plaguicidas, así como el uso irracional de los recursos agua y suelo (Vasquez-Santiago *et al.*, 2014).

La agricultura intensiva pretende producir el máximo con la menor ocupación posible del suelo, para ello se recurre a una serie de técnicas con el objetivo de forzar la producción (Anton-Vallejo *et al.*, 2004).

1.1.1 Nutrición.

La nutrición es señalada como el factor más importante que deben recibir las plantas durante su ciclo de cultivo en la producción bajo invernadero. Por lo tanto, la hidroponía está asociada a la producción en ese sentido, este sistema de producción demanda un continuo abastecimiento de nutrientes los cuales son suministrados por medio de una solución nutritiva, donde los nutrientes disueltos son aplicados a través del sistema de riego (Moreno-Velázquez *et al.*, 2015; Sandí-Mendoza *et al.*, 2016).

Muchas soluciones nutritivas se han formulado y ajustado para el crecimiento de las plantas en diferentes sustratos variando su concentración, Steiner, (1984) por ejemplo, crea una solución nutritiva Universal basada en el concepto de relación mutua que existe entre la concentración iónica total. Por lo tanto, cualquier relación entre aniones y cationes puede ser establecida siempre y cuando no sobrepase los límites de precipitación en las combinaciones de

iones, lo que igual ocurre con las concentraciones totales de sales (Sandí-Mendoza *et al.*, 2016).

Para que las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una conductividad eléctrica (CE) entre 1.5 y 3 dS m⁻¹, y los nutrientes minerales deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2004) (Barraza-Álvarez, 2017). La planta modifica el consumo de nutrientes en función de sus fases de crecimiento y desarrollo, condiciones climáticas y características de la solución nutritiva como la CE, pH y oxígeno disuelto (Sánchez-del-Castillo *et al.*, 2014; Sonneveld & Voogt, 2009; Terabayashi *et al.*, 2004).

Al satisfacer la planta con el manejo de los fertilizantes se pueden lograr buenos rendimientos en el producto final, al trabajar en ambientes protegidos la producción en este tipo de sistemas incorpora ciertos componentes que se relacionan unos con otros y es ahí donde los sistemas hidropónicos juegan un papel muy importante para el desarrollo de las plantas gracias al suministro continuo de una solución nutritiva a través del sistema de riego (Barraza-Álvarez, 2017).

El fósforo (P), es uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de las funciones básicas del metabolismo de las plantas (Fernández, 2007), Sin embargo, muchos suelos en todo el mundo son deficientes en P disponible para el crecimiento de las plantas encontrándose en forma de quelatos insolubles (Vassilev *et al.*, 2006).

Pero existen algunos microorganismos (PGPR principalmente) que mejoran la disponibilidad de P para las plantas por mineralización de P orgánico en el suelo y la solubilización de fosfatos (Chen *et al.*, 2006; Kang *et al.*, 2002; Sánchez-López & Pérez-Pazos, 2012).

En México la nutrición mineral del cultivo de pepino en invernadero se suministra principalmente con base en la solución nutritiva universal de Steiner, 1984, utilizada a diferentes concentraciones de acuerdo con el criterio de los productores, sin tener en cuenta a qué concentración se presenta mejor comportamiento de la calidad de los fruto, Barraza-Álvarez (2015) realizó una investigación con el objetivo de determinar en cuál de las concentraciones más utilizadas de dicha solución se obtienen mejores características como longitud, diámetro, firmeza, grados Brix, color, acidez total titulable, contenido de clorofila total, luminosidad y color, que son parámetros de gran interés en estudios de poscosecha y de importancia para mantener e incrementar el volumen de comercialización del país, en el encontró que con el 175 % de concentración de la solución nutritiva universal de Steiner hubo mejor calidad de frutos de pepino respecto a las variables longitud y diámetro ecuatorial, firmeza, contenido total de clorofila, luminosidad y color, y en el rendimiento se obtuvo mayor producción por planta y no hubo respuesta del cultivo de pepino a la aplicación de diferentes cantidades de nutrimentos minerales con la solución.

1.2 Rizosfera

Según McNear Jr., (2013) el agrónomo y fisiólogo alemán Hiltner, (1904) acuñó por primera vez el término "rizosfera" para describir la interfaz planta-raíz, una palabra que se origina en parte de la palabra griega "rhiza", que significa raíz (Hartmann *et al.*, 2008). Hiltner (1904) describió la rizosfera como el área alrededor de la raíz de una planta que está habitada por una población única de microorganismos influenciados, postuló, por los químicos liberados por las raíces de las plantas. En los años posteriores, la definición de rizosfera se ha refinado para incluir tres zonas que se definen en función de su proximidad relativa y, por lo tanto, de la influencia de la raíz. La endorhizosfera incluye porciones de la corteza y la endodermis en las que los microbios y los cationes pueden ocupar el "espacio libre" entre las células (espacio apoplástico). El rizoplano es la zona medial directamente adyacente a la raíz, incluida la epidermis y el mucílago de la raíz. La zona más externa es la ectorhizosfera

que se extiende desde el rizoplasma hacia el suelo a granel. Como podría esperarse debido a la complejidad y diversidad inherentes de los sistemas de raíces de las plantas, la rizosfera no es una región de tamaño o forma definible, sino que consiste en un gradiente de propiedades químicas, biológicas y físicas que cambian radialmente y longitudinalmente a lo largo de la raíz (McNear Jr., 2013).

La rizosfera contiene diferentes grupos de microorganismos tales como hongos, algas, protozoos, nematodos, actinomicetos y bacterias (Glick, 2012; Parry *et al.*, 2016). También es muy rica en nutrientes como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, nucleótidos, ácidos grasos, esteroides, factores de crecimiento, enzimas, flavonoides y otras moléculas pequeñas en la parte de exudados radicales. Estos compuestos cumplen muchas funciones y suponen un importante costo de carbono para la planta. Los microorganismos encontrados en este medio, requieren de energía para su metabolismo, proporcionada en gran parte por los exudados de la planta (Goswami *et al.*, 2016).

El grupo de bacterias se subdivide en tres subgrupos (neutro, negativo o positivo) en función de sus efectos sobre la fisiología de planta. Las características biológicas y físico-químicas de la rizosfera dependen en gran medida de la naturaleza de los diferentes compuestos liberados por la raíz de la planta (exudados) en la rizosfera. El proceso para excretar los exudados se denomina rizodeposición. Las raíces secretan en el ápice un mucílago constituido de polímeros de carbohidratos cuya función principal es proteger la raíz contra la desecación. Los exudados radicales son transportados a través de la membrana celular y excretados en la rizosfera (Oliveros-bastidas *et al.*, 2009).

Los exudados radicales también condicionan la diversidad y densidad de microorganismos en la rizosfera. Los exudados radicales pueden atraer beneficios pero también atraen a microorganismos patógenos (Goswami *et al.*, 2016). La composición y concentración de exudados están fuertemente

influenciados por los siguientes factores: especies vegetales, etapa de desarrollo y la nutrición de la planta, el tipo de suelo y las condiciones ambientales (temperatura, potencial de agua del suelo y la intensidad de la luz) (Parray *et al.*, 2016).

Las rizobacterias benéficas o PGPR promueven el crecimiento de plantas y previenen el establecimiento de patógenos. Además, desencadenan una serie de reacciones de defensa en la planta hospedera (Loon *et al.*, 1998). Estas bacterias existen en forma libre en la rizosfera o pueden estar asociados en la superficie de las raíces (Canchignia-Martinez *et al.*, 2015; Fukui *et al.*, 1994). Rizobacterias del género de *Pseudomonas* spp., y *Bacillus* spp., son empleadas como agentes de biocontrol. Las PGPR promueven el crecimiento de plantas y previenen el establecimiento de patógenos. Además, desencadenan una serie de reacciones de defensa en la planta hospedera (Loon *et al.*, 1998).

La PGPR tienen efectos profundos en las plantas como es en la germinación de las semillas, en el vigor de las plántulas, en la nutrición, en la salud y el desarrollo del sistema inmune innato (Mendes *et al.*, 2013). Los desequilibrios causados por los cambios inducidos por perturbaciones en la abundancia de especies microbianas pueden conducir a brotes de enfermedades en ambos ambientes (Berendsen *et al.*, 2012) y a la probable proliferación de especies patógenas (Adam *et al.*, 2016).

1.3 Biofertilizantes

El término biofertilizante representa desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas, es decir; son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas ayudándoles a su nutrición y protección (Grageda *et al.*, 2012). Armenta-Bojórquez *et al.*, (2010) comentan que utilizar para la elaboración de los biofertilizantes cepas nativas de microorganismos tienen mayor efectividad en el campo, por estar dichas cepas adaptadas a las condiciones del suelo de

cada región. El conocimiento de las poblaciones de bacterias nativas, su caracterización e identificación es necesaria para comprender su distribución y diversidad (Zahid *et al.*, 2015).

Los biofertilizantes se han convertido en un elemento importante en el sector agrícola por su papel potencial en la inocuidad de los alimentos y la producción sostenible de los cultivos (Bhardwaj *et al.*, 2014). Los miembros del género *Bacillus* se encuentran entre las bacterias benéficas más utilizadas como pesticidas microbianos, fungicidas o fertilizantes. Los productos basados en *Bacillus* representan una clase importante de productos microbianos fitosanitarios (Pérez-García *et al.*, 2011).

El uso de biofertilizantes, debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo (Armenta Bojórquez *et al.*, 2010). Debe tomarse en cuenta que el empleo de microorganismos edáficos como biofertilizantes requiere de estudios previos acerca del comportamiento de estos en diferentes sistemas suelo-planta (Pulido *et al.*, 2003).

Son claros los beneficios que los biofertilizantes proporcionan a diferentes cultivos. Mejorando la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. Sin embargo las características biológicas y físico-químicas de la rizosfera dependen en gran medida de la naturaleza de los diferentes compuestos liberados por la raíz de la planta (exudados), la composición y concentración de estos exudados, están influenciados por diferentes factores entre ellos: las especies vegetales, la etapa de desarrollo y la nutrición de la planta, el tipo de suelo y las condiciones ambientales, por lo cual es indispensable seguir llevando a cabo investigaciones acerca de los efectos causados por las PGPR en diferentes ambientes, condiciones y tipos de suelo, puesto que la población de microorganismos diferirá de un cultivo a otro dependiendo de las condiciones (Grageda *et al.*, 2012).

1.4 PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

La expresión *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizósfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas (Labra-Cardon *et al.*, 2012; Moreno-Reséndez *et al.*, 2018)

Hoy en día, el término de PGPR es usado para referirse a todas las bacterias que viven en la rizosfera capaces de mejorar el crecimiento de las plantas a través de uno o más mecanismos (Glick, 2012; Nadeem *et al.*, 2016; Noumavo-Agossou *et al.*, 2016). Las PGPR son un grupo de bacterias capaces de colonizar activamente el sistema de la raíz de las plantas y mejorar su crecimiento y rendimiento. Las PGPR representan alrededor del 2 al 5 % de las bacterias rizosféricas (Jha & Saraf, 2015).

Algunos autores suelen agrupar a estos mecanismos en tres grupos según los efectos de las PGPR sobre la fisiología de la planta, los cuales son; 1) Biofertilización: fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de fosfato, producción de sideróforos y producción de exopolisacáridos; 2) Fitoestimuladores: incluyendo la producción de ácido indol acético, giberelinas, citoquininas y etileno; y 3) Biocontrol: incluyendo la inducción de resistencia sistémica, la competencia por el hierro, nutrientes y espacio, la producción de antibióticos, enzimas líticas, cianuro de hidrógeno y compuestos volátiles (Glick, 2012; Nadeem *et al.*, 2016; Noumavo-Agossou *et al.*, 2016).

Los siguientes géneros de bacterias han sido reportadas como PGPR: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcous*, *Rhizobium*, *Pantoea*, *Pseudomonas* and *Serratia* (Ahemad & Kibret, 2013; Bruto *et al.*, 2014; Saharan & Nehra, 2011). Las PGPR que inducen el crecimiento en una especie vegetal no tienen el mismo efecto en otras especies.

La planta modelo *Arabidopsis thaliana* se ha utilizado con frecuencia para estudiar los efectos de las PGPR (Schwachtje *et al.*, 2012). Considerables PGPR han sido aisladas e identificadas para después ser comercializadas (Glick, 2012; Sharifi-Noori & Mohd-Saud, 2012). El uso combinado de agentes de biocontrol no deben ser generalmente recomendados en la práctica sin una comprensión clara de sus principales mecanismos de biocontrol y competitividad relativa (Xu *et al.*, 2011).

Las PGPR ejercen efectos benéficos en las plantas a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos (Aguado-santacruz *et al.*, 2012; Parray *et al.*, 2016). Los mecanismos directos ocurren cuando las bacterias sintetizan metabolitos que facilitan a las plantas, o bien cuando éstas incrementan la disponibilidad de diferentes elementos nutritivos, requeridos para su metabolismo y para mejorar su proceso de nutrición (Gómez-Luna *et al.*, 2012). Entre los mecanismos directos destacan: la fijación de nitrógeno (N); la síntesis de fitohormonas, vitaminas y enzimas, la solubilización de fósforo (P) inorgánico y la mineralización de fosfato orgánico, la oxidación de sulfuros, el incremento en la permeabilidad de la raíz, la producción de nitritos, la acumulación de nitratos, la reducción de la toxicidad por metales pesados y de la actividad de la enzima ACC desaminasa, la secreción de sideróforos, la reducción de los niveles de etileno en los suelos, y el incremento de la permeabilidad de las raíces (Esquivel-Cote *et al.*, 2013; Moreno-Reséndez *et al.*, 2018).

Mientras que, los mecanismos indirectos se caracterizan porque las PGPR ocasionan la disminución o eliminación de microorganismos fitopatógenos, ya sea a través de la producción de sustancias antimicrobianas o de antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de éstas; por competencia de nutrimentos o de espacio en el nicho ecológico, así como por estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol; la inducción de resistencia sistémica (IRS) a un amplio espectro de organismos patógenos y la producción de sideróforos, como mecanismo para secuestrar el

Fe disponible en los suelos y con esto limitar el desarrollo y la presencia de dichos fitopatógenos; producción de antibióticos y cianuros de hidrógeno que impactan sobre los fitopatógenos; hidrólisis de moléculas como el ácido fusárico generado por éstos para liberar 1-3-glucanasa, con la cual se inhibe el desarrollo de la pared fúngica de hongos como *Phyitium ultimum* y *Rhizoctonia solani* (Esquivel-Cote *et al.*, 2013; Moreno-Reséndez *et al.*, 2018).

Ciertas cepas de PGPR tienen el potencial de mitigar los impactos negativos del estrés de la salinidad en el crecimiento de plantas de pepino, pero con una eficacia variable debido a las diferencias en la competencia de la rizosfera y la diversa capacidad de las cepas de PGPR para expresar rasgos promotores del crecimiento bajo condiciones de estrés por salinidad (Nadeem *et al.*, 2016).

1.4.1 Pruebas de PGPR en cultivos

Actualmente se reportan muchas investigaciones sobre las rizobacterias como agentes promotores del crecimiento en plantas a través de métodos directos por medio de la producción de sustancias reguladoras de crecimiento (Zahir *et al.*, 2004), o por acción indirecta mediante el biocontrol de patógenos (Van-Loon & Bakker, 2003; Whipps, 2001). El trabajo de bacterización realizado con *Azotobacter*, *Bacillus*, *Clostridium* y *Pseudomonas spp.* ha sido estudiado a fondo por Mishustin y Naumova, 1962 (Borriss, 2017). Los resultados de la bacterización han sido extremadamente variables (Mishustin & Naumova 1962; Burr *et al.*, 1984; Heynen *et al.*, 1988), en los cuales el mayor obstáculo ha sido el desarrollo de una tecnología inoculante efectiva. El mayor problema es que el suelo forma un ambiente completamente heterogéneo e impredecible para introducir organismos (Hattori *et al.*, 1976; Heynen *et al.*, 1988; Richards, 1987). La bacteria ya en el suelo puede tener luego grandes dificultades en encontrar un nicho adecuado para sobrevivir por largos periodos y en condiciones extremas (Compant *et al.*, 2010; Heynen *et al.*, 1988).

1.4.2 Efecto de la inoculación de PGPRs en plántulas de pepino

Bashan *et al.*, (2007) indican que los cultivos inoculados con PGPR actúan como elicitores naturales mejorando el crecimiento y rendimiento de los cultivos vegetales. El empleo de las PGPR como biofertilizantes, es una opción sustentable para favorecer la disponibilidad de los elementos nutritivos, el crecimiento de las plantas y los rendimientos (Zahid *et al.*, 2015), por lo tanto, el empleo de biofertilizantes base PGPR, aplicados al suelo y/o plantas, podrían ser una alternativa biotecnológica para la producción de cultivos agrícola disminuyendo la aplicación de fertilizantes sintéticos y agroquímicos que deterioran el ambiente (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2010; Luna-Martínez *et al.*, 2013; Sánchez-López *et al.*, 2012). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, pueden convertir los elementos minerales del sustrato en formas biodisponibles para que puedan ser fácilmente absorbido por las plántulas (Qin *et al.*, 2017).

El experimento que realizó Palacio-Rodríguez *et al.*, (2015) con las plantas de pepino inoculadas con las PGPRs regando con los fertilizantes CaNO_3 y KNO_3 , tuvo como observación clara la promoción de la masa radicular y siendo LBEndo1 la PGPR que mayor promoción tuvo, a estas plantas se les midieron la longitud de la raíz, el número de raíces secundarias, el peso fresco y seco tanto de la raíz como la parte aérea teniendo como resultados que la PGPR LBEndo1 fue significativamente mayor que el control sin inocular en longitud de raíz, número de raíces secundarias, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz y peso fresco de la parte aérea, y la KBecto4 solo superó al control de forma significativa en el número de raíces secundarias.

Kidoglu *et al.*, (2008) ensayó seis diferentes cepas de la colección del Department of Plant Protection, Agricultural Faculty of Ege University comparándolas con cepas comerciales, obteniendo mejores resultados con los productos comerciales que con las cepas ensayadas

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del experimento

El experimento se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL ubicada en carretera Santa Fe km 4, Torreón, Coahuila México, se ubica a una latitud de 26° 37'N y a una altitud de 1100 msnm. En esta región, el clima es semi-desértico. El invernadero es tipo semicircular, cubierto con plástico transparente y malla sombra al 50 %, con estructura metálica. Cuenta con un sistema de enfriamiento automatizado compuesto por una pared húmeda, cuatro ventiladores en el techo y dos extractores en la parte frontal. Con un área de 200 m² tiene en el interior piso de grava.

2.2 Obtención de sustratos

2.2.1 Arena de río

Este tipo de material inorgánico fue obtenido de lecho del río Nazas, el que se encuentra en la región.

2.2.2 Perlita

Es un medio inerte que tiene una finalidad de proporcionar espacio poroso con el fin de lograr un desarrollo de raíces con mayor vigor, además facilita un mejor drenado del agua.

2.3 Llenado de macetas

Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro con la capacidad de 20 litros, las cuales se llenaron con 18 kilogramos del sustrato a base de arena de río y perlita, en una concentración de 75 % arena y 25 % perlita (Figura 1).

El arreglo de las macetas fue a doble hilera con una separación de 1.60 metros, con arreglo en “tresbolillo” y una separación de 0.30 metros. de centro

a centro de maceta. La densidad de población fue de cuatro macetas por metro cuadrado (Figura 2).



Figura 1 Preparación del sustrato 75 % arena de río y 25 % perlita. UAAAN-UL 2020.



Figura 2. Llenado y acomodo de macetas. UAAAN-UL 2020.

2.4 Riegos para desalinizar los sustratos

Una vez llenadas las macetas se realizó un lavado a cada una donde se le aplicaron 18 litros de agua corriente previo a la siembra, para lixiviar el exceso de sales del material orgánico de acuerdo a la metodología de Cano-Ríos *et al.*, (2011).

2.5 Genotipo

Se utilizaron las siguientes variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la empresa Origene Seeds®.

- Irit Americano
- Número 4 Americano

2.6 Siembra

La siembra se realizó manualmente, de forma directa el 25 de mayo del 2018 colocando dos semillas en cada maceta a una profundidad de 2 centímetros, aproximadamente, después de la emergencia y antes de la inoculación se aclareo dejando una planta por maceta (Figura 3). Para la ejecución del proyecto de investigación se utilizaron un total de 288 plantas.



Figura 3. Siembra directa de pepino. UAAAN-UL 2020.

2.7 Rizobacterias de estudio

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal ó PGPR utilizadas para este trabajo fueron: *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1) y *Pseudomonas lini* (KBecto4), se obtuvieron de la colección de rizobacterias del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacios, Durango, México. Dichas cepas son provenientes de la Poza Salada, Valle de Sobaco, Coahuila, México (Palacio-Rodríguez *et, al.*, 2017) (Figura 4).



Figura 4. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) utilizadas en el proyecto, *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1), *Pseudomonas lini* (KBecto4) y la combinación de ellas. UAAAN-UL 2020.

2.8 Inóculo

2.8.1 preparación del inóculo

Para la preparación de los inóculos bacterianos las dos cepas fueron inoculadas individualmente en medio líquido LB (*Luria Bertani*) y colocadas en una incubadora durante 24 horas a 30 °C, con agitación de 200 revoluciones por minuto (Precisión Scientific 815®), las concentraciones bacterianas se ajustaron a 1×10^8 UFC mL⁻¹ con buffer fosfato salino (PBS) al 0.5x.

2.8.2 Inoculación del cultivo

La primera inoculación de las PGPR se realizó el día 5 de junio del 2018, siete días después de la emergencia de las plántulas, cuando las plántulas presentaban la primera hoja verdadera. La inoculación se realizó con una micropipeta, dejando caer tres ml de la solución bacteriana a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹, en la parte basal del tallo de la plántula para que penetrara directamente en la raíz. La segunda inoculación se realizó el día 4 de julio del 2018 a los 30 días después. Al tratamiento testigo solo se le aplicó agua destilada (Figura 5).



Figura 5. Inoculación de las PGPR en plantas de pepino, Izquierda a los 5 días, Derecha a los 30 días después. UAAAN-LII 2020.

2.9 Tutorado

El tutorado se comenzó a los 20 días después de la siembra (dds). La sujeción se realizó con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de uno de sus extremos a la zona basal de la planta (liado) y de otro a un alambre por encima de la planta. Conforme la planta fue creciendo se fue guiando su crecimiento rodeando progresivamente al hilo de sujeción con el ápice principal (Figura 6).



Figura 6. Tutoreo de la planta de pepino. UAAAN-UL 2020.

2.10 Riego y fertilización

El volumen de agua de riego a las macetas se aplicó de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, se inició con $\frac{1}{2}$ litro diario y después se le fue aumentando según las etapas y necesidades del cultivo. Para la preparación de la solución nutritiva Steiner(SN) al 75 % y 100 %. Las SNs fueron preparadas a partir de nitrato de calcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, nitrato de potasio (KNO_3), sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato de potasio (K_2SO_4), más micronutrientes (Maxiquel®). El pH de las soluciones se ajustó a 5.5 con ácido fosfórico (H_3PO_4). La necesidad hídrica del cultivo se cubrió aplicando riegos de forma manual considerando las etapas fenológicas del cultivo.

Solo se hizo un análisis del agua a utilizar al inicio del experimento para saber cuáles eran sus características y poder tener la solución nutritiva. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del agua común utilizada en el experimento en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón; Coahuila 2018. UAAAN-UL 2020.

Microelementos	ppm
Fierro Fe ³	0
Zinc Zn ⁺	0.02
Cobre Cu ⁺	0.03
Magnesio Mn ⁺	0.01
Boro B ⁺	0.99
Cationes (+)	
Sodio Na ⁺	120
Potasio K ⁺	13
Calcio Ca ⁺	288
Magnesio Mg ⁺	29
Aniones (-)	
Nitratos NO ₃	23.03
Fósforo de fosfatos	0.08
Fósforo Diacino H ₂ PO ₄	0.25
Sulfato de SO ₄	643.6
Carbonatos CO ₃	0
Bicarbonatos HCO ₅	170.83
Cloruros Cl	198.52
Parámetros físicos	
pH	7.80
Conductividad eléctrica mS/cm	2.21
Relación de absorción de sodio	1.8
Porciento de sodio intercambiable (%)	0.38

2.11 Control de plagas

Para la identificación de plagas y enfermedades se colocaron trampas amarillas a una distancia de un metro de abajo hacia arriba según el crecimiento de la planta, entre más altas las plantas las trampas se subían más esto se llevó acabo como atrayente de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y pulgón (*Myzus Persicae*). Durante el ciclo se presentaron estas dos plagas las cuales se controlaron con insecticida orgánico como es el extracto de neem (CYR®)

Cinna-Neem CE), cuya dosis fue 40 ml en 20 litros de agua asperjándose en las mañanas en intervalos de cuatro días (Figura 7).



Figura 7. Aplicación extracto de neem para el control de mosquita blanca y pulgón. UAAAN-UL 2020.

2.12 Factores estudiados

Factor A:

Bacterias: A1 = LBEndo1 (*Bacillus paralicheniformis*.)

A2 = KBEcto4 (*Pseudomonas lini*)

A3 = Combinación PGPR: LBEndo1 (*Bacillus paralicheniformis*.) + KBEcto4 (*Pseudomonas lini*).

A4 = Sin PGPR

Factor B:

Variedades de pepino: B1 = Número cuatro Americano

B2 = Irit Americano

Factor C:

Dosis de fertilización: C1 = 100 %

C2 = 75 %

2.13 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres bloques con arreglo factorial en los tratamientos, 4 x 2 x 2 con seis repeticiones, donde el

factor “A” correspondió a las dos PGPR utilizadas para la inoculación, la combinación de las dos (interacción) y un testigo (sin bacteria); el factor “B” correspondió a las dos variedades de pepino utilizadas (Irit Americano y Número cuatro Americano); el factor “C” correspondió al riego con solución nutritiva (al 75 % y al 100 %). Resultando $4 \times 2 \times 2 \times 6 = 96$ unidades experimentales por bloque. En la Cuadro 2 se muestra la identificación de los Tratamientos, la combinación de los tres factores con sus diferentes niveles que dan origen a los 16 tratamientos y en la Figura 8 se presenta el croquis del experimento.

Cuadro 2. Tratamientos establecidos con PGPR inoculadas, dosis de fertilización y variedad de pepino bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL 2020.

Tratamientos	Bacteria	Variedad	Solución
T1	LBEndo1 (<i>Bacillus sp.</i>)	# 4 Americano	100 %
T2	LBEndo1 (<i>Bacillus sp.</i>)	# 4 Americano	75 %
T3	LBEndo1 (<i>Bacillus sp.</i>)	Irit Americano	100 %
T4	LBEndo1 (<i>Bacillus sp.</i>)	Irit Americano	75 %
T5	KBecto4 (<i>Pseudomonas lini</i>)	# 4 Americano	100 %
T6	KBecto4 (<i>Pseudomonas lini</i>)	# 4 Americano	75 %
T7	KBecto4 (<i>Pseudomonas lini</i>)	Irit Americano	100 %
T8	KBecto4 (<i>Pseudomonas lini</i>)	Irit Americano	75 %
T9	Combinación PGPR	# 4 Americano	100 %
T10	Combinación PGPR	# 4 Americano	75 %
T11	Combinación PGPR	Irit Americano	100 %
T12	Combinación PGPR	Irit Americano	75 %
T13	Sin PGPR	# 4 Americano	100 %
T14	Sin PGPR	# 4 Americano	75 %
T15	Sin PGPR	Irit Americano	100 %
T16	Sin PGPR	Irit Americano	75 %

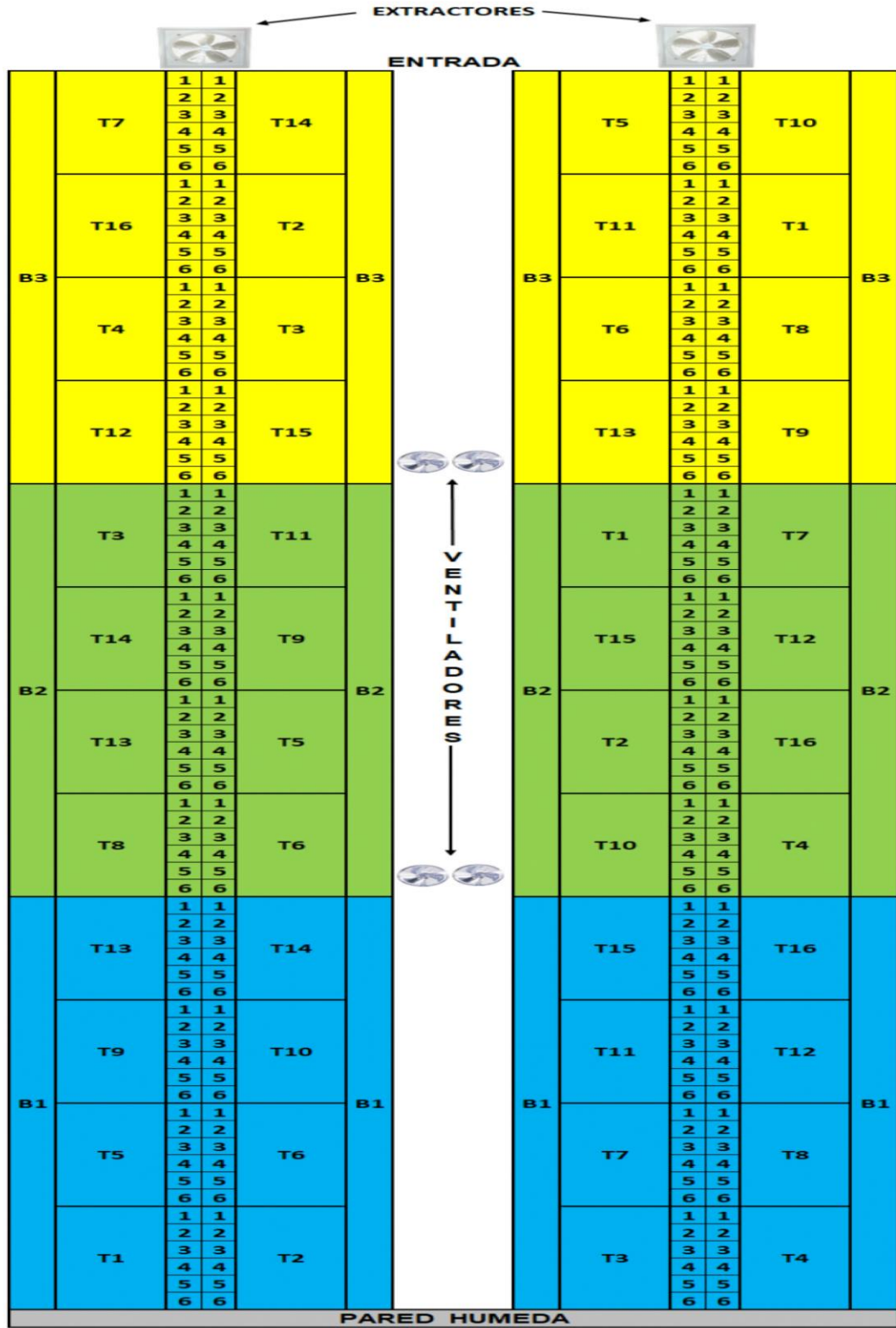


Figura 8. Distribución de los tratamientos estudiados en el invernadero utilizado, con su pared humedad y extractores. UAAAN-UL. 2020.

2.14 Análisis Estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System, 2002) versión 9.0 con el procedimiento ANOVA. En las variables donde hubo significancia estadística, se realizó una prueba de separación de medias por DMS con un valor de $\alpha = 0.05$.

2.15 Cosecha

Antes de retirar los frutos de la planta, se marcaban todos los aptos para cosecha con la identificación de la maceta para proceder con la toma de sus datos (Figura 9). Se realizaron cuatro cosechas. Se consideraban los frutos listos para la cosecha los que tenían el desprendimiento de la flor o ausencia de espinas.



Figura 9. Identificación del fruto de pepino antes de la cosecha. UAAAN-UL 2020.

2.16 Variables a medir

2.16.1 Peso de los frutos (gramos).

Se pesó con una báscula digital después del corte (Figura 10). Los frutos que presentaron madurez fisiológica durante el estadio de producción se cortaron en forma individual se le determinó el peso; para esta variable se utilizó una báscula digital Santul® modelo 5927 con capacidad de cinco kilogramos. Los datos se registraron en gramos.



Figura 10. Tomando peso de pepino después de la cosecha. UAAAN-UL 2020.

2.16.2 Longitud del fruto (cm).

Se midieron con una regla graduada en centímetros después de su corte (Figura 11).

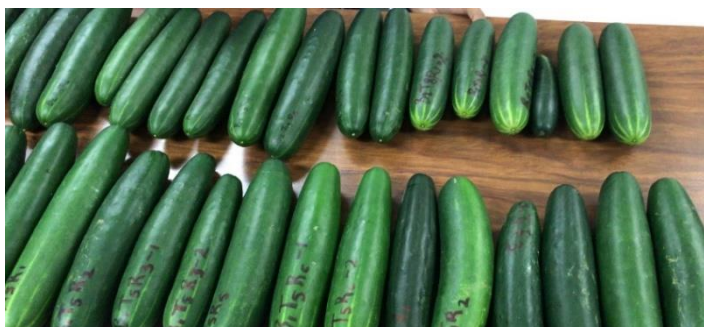


Figura 11. Pepinos apilados en la mesa antes de tomar medidas. UAAAN-UL 2020.

2.16.3 Diámetro del fruto (cm).

Se tomaron tres diámetros, cada uno de los extremos y el medio para obtener un promedio, con un vernier digital calibrado marca Truper® modelo CALDI-6MP (Figura 12).

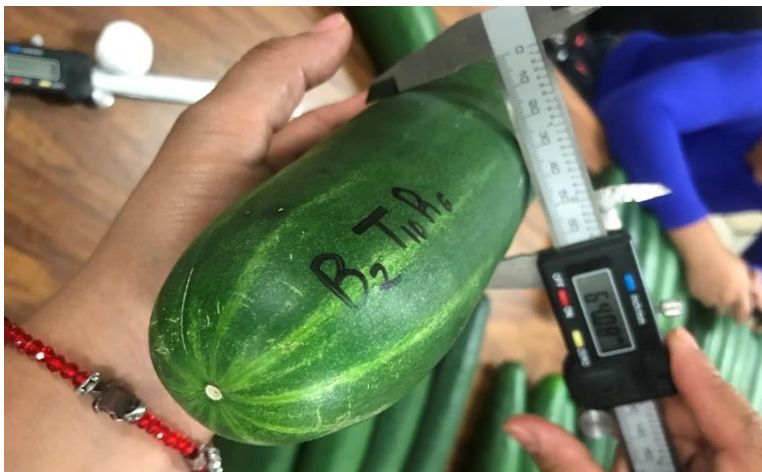


Figura 12. Toma de diámetro del fruto. UAAAN-UL 2020.

2.16.4 Firmeza de la cáscara del fruto (kg).

Se tomó con un penetrómetro Extech® FHT200, se introduce en la parte media del pepino y se tomó la lectura en Kilogramos (Figura 13).



Figura 13. Toma de Firmeza del fruto. UAAAN-UL 2020.

2.16.5 Firmeza de la pulpa del fruto (kg).

Se tomó con un penetrómetro Exttech® FHT200 se partió el pepino por la mitad y se tomó introduciendo el penetrómetro en la pulpa (Figura 14).



Figura 14. Toma de Firmeza de la pulpa del pepino. UAAAN-UL 2020.

2.16.6 Ancho de pulpa del fruto (cm)

Después de tomar la firmeza de pulpa con el vernier se tomó la medida de la pulpa excluyendo el área de la semilla, con un vernier digital calibrado marca Truper® modelo CALDI-6MP (Figura 15).



Figura 15. Toma de diámetro de la pulpa del pepino. UAAAN-UL 2020.

2.16.7 Sólidos Solubles (°Brix)

Se tomó con el refractómetro Digital OUTEST RZ117 28-62 % Brix para determinar los sólidos solubles, aplicando una gota de jugo de la pulpa del pepino, observando y tomando la lectura (Figura 16).

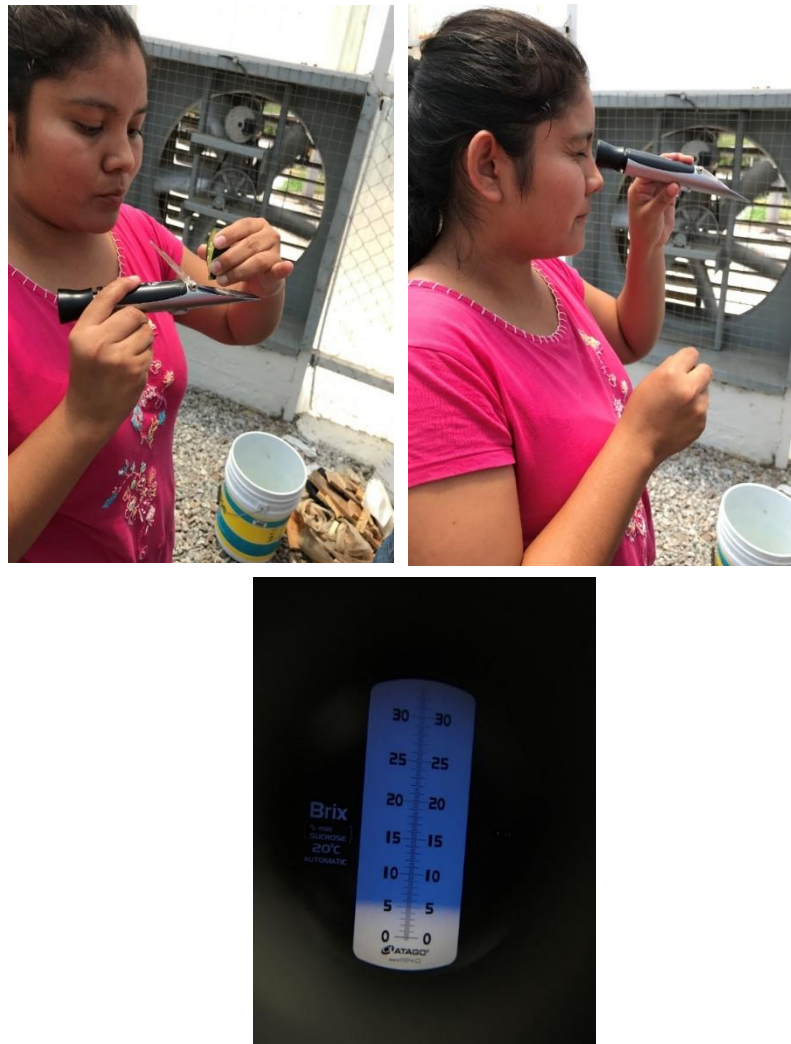


Figura 16. Toma de sólidos solubles (°Brix). UAAAN-UL 2020. Arriba Izquierda se coloca la gota de jugo del pepino, arriba derecha se observa el resultado de °Brix, abajo una imagen de como se observa la lectura el refractómetro. UAAAN UL 2020.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Peso del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (CuadroA1-CuadroA5). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0001$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad cuatro americano tuvo el mejor resultado con una media de peso de 390.5 gramos sobre la variedad irit americano que tuvo una media de peso de 299.8 gramos con un coeficiente de variación de 9.3 % (cuadro 3), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 3. Media general de la variable peso del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (g)	Significancia
Cuatro Americano	390.5	A
Irit Americano	299.8	B
Coefficiente de variación	9.3 %	DMS (0.05) 19.1

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

En los datos obtenidos por López-elías *et al.*, (2011) donde evaluaron la producción y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero encontraron un peso promedio de 330 gramos y esto estuvo dentro de los estándares establecidos para pepino tipo americano. Otro experimento fue de Cardoso, (2002) en Brasil, donde se evaluaron siete genotipos de pepino en invernadero, se encontró que el peso promedio del fruto osciló entre 279.2 y 300.8 gramos. Suniaga *et al.*, (2008) encontraron peso de frutos desde 271 a 422 gramos en pepino variedad "Poinsett 76", todos los valores obtenidos en estos experimentos están dentro del rango obtenido en este trabajo.

3.2 Longitud del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (CuadroA6-CuadroA10). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0001$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad cuatro americano tuvo el mejor resultado con una media de longitud de 22.5 centímetros sobre la variedad irit americano que tuvo una media de longitud de 18.9 centímetros con un coeficiente de variación de 5.2 % (cuadro 4), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 4. Media general de la variable longitud del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (cm)	Significancia	
Cuatro Americano	22.5	A	
Irit Americano	18.9	B	
Coeficiente de variación	5.2 %	DMS (0.05)	0.64

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

Marcano *et al.*, (2012) estudiaron el crecimiento y desarrollo del cultivo, encontraron una longitud promedio de 21.3 centímetros. López-elías *et al.*, (2011) evaluaron la producción y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero obtuvieron longitud del fruto, dentro de los estándares establecidos para pepino tipo americano, con una longitud de 23.2 centímetros. Santi *et al.*, (2013) en la evaluación sobre la producción de pepino japonés 'Tsuyataro' obtuvieron en la cosecha total una longitud del fruto promedio que vario de 24.5 a 25.1 centímetros, en estos dos últimos trabajos los valores son superiores al obtenido en este trabajo, donde se encontró una longitud promedio de los frutos de 18.9 y 22.5 centímetros, mientras que se coincide con Marcano *et al.*,

(2012). El largo y ancho del fruto es uno de los componentes de calidad que son atribuidos al tamaño y a la apariencia según Montaña Mata *et al.*, (2018).

3.3 Diámetro del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (Cuadro A11-Cuadro A15). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0005$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad cuatro americano tuvo el mejor resultado con una media de diámetro de 4.5 centímetros sobre la variedad Irit americano que tuvo una media de diámetro de 4.2 centímetros con un coeficiente de variación de 5.7 % (cuadro 5), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 5. Media general de la variable diámetro del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (cm)	Significancia
Cuatro Americano	4.5	A
Irit Americano	4.2	B
Coeficiente de variación	5.7 %	DMS (0.05) 1.5

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

López-Elías *et al.*, (2011) evaluaron la producción y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero tuvieron como resultado un diámetro del fruto, dentro de los estándares establecidos para pepino tipo americano, con un diámetro de 5.0 centímetros. Estos resultados son mayores al diámetro del fruto obtenidos en el presente trabajo, cuyo promedio en la variedad cuatro americano fue de 4.5 centímetros mientras que la variedad Irit americano fue de 4.2 centímetros, respectivamente. Sin embargo los resultados obtenidos están dentro del rango establecido por otros autores para esta variable, como (Shaw *et al.*, (2000) que obtuvo medias de diámetros del fruto entre 3.80 y 4.4

centímetros. Jasso-Chaverria *et al.*, (2005) obtuvo valores entre 3.50 y 3.70 centímetros para esta variable, en ensayos de pepino en invernadero, otros investigadores obtuvieron un diámetro del fruto que osciló entre 2.64 y 2.77 centímetros Hochmuth *et al.*, (2004). En otro estudio se encontró un rango entre 2.84 y 3.51 centímetros para esta variable Sivacioğlu *et al.*, (2009). Por otra parte, otros autores encontraron que el diámetro del fruto osciló entre 4.60 y 5.80 centímetros Gómez-López *et al.*, (2006). En un estudio más se obtuvo un valor de 4.90 centímetros para el diámetro del fruto (Galindo-Pardo *et al.* 2014). Estos últimos son los más semejantes a los obtenidos en la presente investigación. Westwood citado por Montaña-Mata & Méndez-Natera (2009) señala que el ancho del fruto depende a su vez de otros parámetros: zona cortical, pulpa y cavidad central. Estos tres caracteres tienen también una clara influencia en el peso del fruto, pero su mayor interés radica en que determina un aspecto importante de la calidad del fruto como es la relación de la parte comestible dentro del mismo (Montaña Mata *et al.*, 2018).

3.4 Firmeza de la cáscara del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (Cuadro A16-Cuadro A20). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0001$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad irit americano tuvo el mejor resultado con una media de firmeza de cascara del fruto de 5.2 kilogramos sobre la variedad cuatro americano que tuvo una media de firmeza de cascara del fruto de 4.5 kilogramos con un coeficiente de variación de 10.6 % (cuadro 6), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 6. Media general de la variable firmeza de cáscara del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (kg)	Significancia
Irit Americano	5.2	A
Cuatro Americano	4.5	B
Coefficiente de variación	10.6 %	DMS (0.05) 0.3

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

Barraza-Álvarez (2015) menciona que la buena calidad de los frutos de pepino está principalmente representa en la uniformidad de la forma, firmeza, color verde oscuro del exocarpo, tamaño y ausencia de defectos de crecimiento o manejo, así como de pudriciones y amarillamientos.

3.5 Firmeza de la pulpa del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (Cuadro A21-Cuadro A25). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0077$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad irit americano tuvo el mejor resultado con una media de firmeza de pulpa del fruto de 2.7 kilogramos sobre la variedad cuatro americano que tuvo una media de firmeza de pulpa del fruto peso de 2.5 kilogramos con un coeficiente de variación de 11.8 % (cuadro 7), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 7. Media general de la variable firmeza de la pulpa del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (kg)	Significancia
Irit Americano	2.7	A
Cuatro Americano	2.5	B
Coefficiente de variación	11.8 %	DMS (0.05) 0.18

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

3.6 Ancho de la pulpa del fruto

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (CuadroA26-CuadroA30). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. Se encontró alta significancia con un valor $P < .0011$ en las medias de esta variable (cuadro 10), donde la variedad cuatro americano tuvo el mejor resultado con una media en el ancho de la pulpa del fruto de 1.4 centímetros sobre la variedad irit americano que tuvo una media en el ancho de la pulpa del fruto de 1.3 centímetros con un coeficiente de variación de 6.4 % (cuadro 8), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado, en las medias de los factores Bacteria, Solución y las 4 interacciones no hubo significancia.

Cuadro 8. Media general de la variable ancho de la pulpa del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (cm)	Significancia
Cuatro Americano	1.4	A
Irit Americano	1.3	B
Coeficiente de variación	6.4 %	DMS (0. 5) 0.5

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

3.7 Sólidos solubles

Los análisis de varianza detectaron diferencias significativas únicamente para variedades en las cuatro cosechas y en la media general (Cuadro A31-Cuadro A35). En el cuadro 11 se presentan las medias generales para las variedades y su significancia. No se encontró significancia ya que el valor $P < .5224$ en las medias de esta variable (cuadro 10), los resultados fueron los siguientes, la variedad cuatro americano tuvo el resultado de media de sólidos solubles de 4.08 °brix y la variedad irit americano tuvo una media de grados brix de 4.03 con un coeficiente de variación de 6.9 % y su DMS fue de 0.16. (cuadro 9), de acuerdo con Reyes-Castañeda (2003) es aceptable este resultado. Galindo-

Pardo *et al.*, (2014) encontró un resultado de 2.5 °brix para esta variable en su experimento, que se encuentra muy por debajo de la media obtenida en este experimento. Mientras que Fortis-Hernández *et al.*, (2013) obtuvo en su tratamiento 6 arena y solución Steiner al 100 % un valor de 4.8, estos resultados son mayores a los obtenidos en este experimento.

Cuadro 9. Media general de la variable sólidos solubles del fruto y su significancia para variedades. UAAAN-UL 2020.

Variedades	Media (°Brix)	Significancia
Cuatro Americano	4.08	A
Irit Americano	4.03	A
Coefficiente de variación	6.9 %	DMS (0.05) 0.16

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si estadísticamente por la prueba DMS 0.05 probabilidad. NOTA: Esta prueba controla la tasa de error comparativo Tipo I, no la tasa de error experimental.

Cuadro 10. Comparación del resultado de las Medias aplicando DMS en los factores bacterias, variedad, solución nutritiva y sus interacciones, para cada una de sus variables, en la calidad del fruto pepino. UAAAN-UL 2020.

Factor\Variables	PeFru (g)	LoFru (cm)	DiaFru (cm)	FiCaFru (kg)	FiPuFru (kg)	AnPuFru (cm)	SoISo (°Brix)
Bacteria (B)	0.7065	0.7805	0.9757	0.9115	0.9037	0.3868	0.8398
Variedad (V)	<.0001**	<.0001**	0.0005**	0.0001**	0.0077**	0.0011**	0.5224
Solución (S)	0.9166	0.5992	0.7033	0.2784	0.0737	0.5217	0.7454
B × V	0.39.72	0.3608	0.7933	0.9337	0.5339	0.6242	0.2731
B × S	0.4771	0.3129	0.3725	0.5682	0.9625	0.6631	0.2748
V × S	0.3709	0.2599	0.0914	0.7571	0.5346	0.4493	0.9611
B × V × S	0.9817	0.9878	0.9515	0.9227	0.2481	0.7484	0.8516

PeFru = Peso fruto, LaFru = Longitud de Fruto, DiaFru = Diametro de fruto, FiCaFru = Firmeza Cascara de fruto, FiPuFru = Firmeza pulpa de fruto, AnPuFru = Ancho pulpa fruto. Significancia marcada <0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo**.

Cuadro 11. Análisis estadístico de los factores bacterias, variedades, solución nutritiva e interacciones. UAAAN-UL 2020.

Variable\Factor	Bacter	Vari	Soluc	BxV	BxS	VxS	BxVxS
Peso fruto cosecha 1	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Peso fruto cosecha 2	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Peso fruto cosecha 3	NS	*	NS	*	NS	NS	NS
Peso fruto cosecha 4	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Media Peso Fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Longitud fruto cosecha 1	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Longitud fruto cosecha 2	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Longitud fruto cosecha 3	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Longitud fruto cosecha 4	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Media Longitud Fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Diámetro fruto cosecha 1	NS	**	*	NS	NS	NS	NS
Diámetro fruto cosecha 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Diámetro fruto cosecha 3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Diámetro fruto cosecha 4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Media diámetro fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza cascara fruto cosecha 1	NS	*	NS	NS	*	*	NS
Firmeza cascara fruto cosecha 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza cascara fruto cosecha 3	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza cascara fruto cosecha 4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Media Firmeza cascara fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza pulpa fruto cosecha 1	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
Firmeza pulpa fruto cosecha 2	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
Firmeza pulpa fruto cosecha 3	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Firmeza pulpa fruto cosecha 4	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Media Firmeza pulpa fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Ancho pulpa fruto cosecha 1	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Ancho pulpa fruto cosecha 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ancho pulpa fruto cosecha 3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ancho pulpa fruto cosecha 4	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Media ancho pulpa fruto	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Grados brix cosecha 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Grados brix cosecha 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Grados brix cosecha 3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Grados brix cosecha 4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Media grados brix	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* = significativo < 0.05, ** = Altamente significativo < 0.01 y NS = No hay significancia ≥ 0.05 .

Bacteria (B) = Bacter, Variedad (V) = Vari, Solución (S) = Soluc.

En el factor Solución no se obtuvo diferencia significativa en sus medias. Barraza-Alvarez en el 2015 obtuvo mayores valores en la longitud y diámetro ecuatorial de frutos para 175 % de concentración Steiner, con diferencias estadísticas significativas respecto a las demás concentraciones, obteniendo resultados similares a este proyecto en las concentraciones de 75 % y 100 %.

En el Factor Bacteria (B) No se obtuvo ninguna significancia. (Palacio-Rodríguez *et al.*, 2015) menciona que las PGPR inoculadas en este experimento tuvieron un crecimiento radicular significativo en laboratorio, Vásquez-Santiago *et al.*, (2014) encontró que con la coinoculación de las bacterias *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter spp.* y *Bacillus spp.*, más la micorriza *Glomus sp.* se incrementó el rendimiento en el cultivo de pepino en suelo con acolchado plástico más la dosis de fertilización completa recomendada, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas, por otro lado Espinosa Palomeque *et al.*, (2017) encontró que la inoculación de rizobacterias (PGPR) y la utilización del sustrato a base de compost incrementaron el rendimiento y la calidad nutracéutica de los frutos de tomate producido bajo condiciones de invernadero. Según Heynen *et al.*, en 1988 el problema recurrente es el tipo suelo ya que este es ambiente completamente heterogéneo e impredecible para introducir organismos, y las bacterias ya en el suelo puede tener grandes dificultades en encontrar un nicho adecuado para sobrevivir por largos periodos, donde podemos decir que nuestro sustrato arena 75 % + perlita 25 % no fue el óptimo para el desarrollo de estas rizobacterias *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1), *Pseudomonas lini* (KBecto4), ya que en otros estudios realizados en sustratos orgánicos han favorecido notablemente a los cultivos.

4 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento se llegó a la siguiente conclusión.

Al no encontrar significancia entre soluciones y PGPR's en los tratamientos, La fertilización inorgánica al 75 %, es una alternativa para reducir el uso de los fertilizantes sintéticos, debido a que lleva a término la producción de pepino con ambas variedades y con un estándar de calidad aceptable. Por lo tanto, es posible minimizar la dependencia hacia los fertilizantes convencionales, reduciendo la cantidad de fertilización inorgánica, contribuyendo al medio ambiente y a la salud humana.

5 REFERENCIAS

- Adam, E., Groenenboom, A. E., Kurm, V., Rajewska, M., Schmidt, R., Tyc, O., ... Falcão-Salles, J. (2016). Controlling the Microbiome: Microhabitat Adjustments for Successful Biocontrol Strategies in Soil and Human Gut. *Frontiers in Microbiology*, 7(1079), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01079>
- Adams, P. (2004). Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *Dialnet Tratado de Cultivo Sin Suelo*, 81–111.
- Aguado-Santacruz, G. A., Moreno-Gómez, B., Jiménez-Francisco, B., Preciado-Ortiz, R. E., & García-Moya, E. (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Rev. Fitotec, Mex.*, 35(1), 9–21.
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- Antón Vallejo, M. A. (2004). *Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo*. Tesis doctoral, UPC, Departament de Projectes d'Enginyeria. ISBN 8468867322. Disponible a: <<http://hdl.handle.net/2117/94137>>.
- Armenta-Bojórquez, A. D., García Gutiérrez, C., Camacho Báez, J. R., Apodaca Sánchez, M. Á., Gerardo Montoya, L., & Nava Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51–56. <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.07.aa>
- Avendaño-Ruiz, B., & Schwentesius-Rindermann, R. (2005). Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: El caso del Valle de Mexicali, B.C., México. *Revista Latinoamericana de Economía*, 36(140), 165–192.
- Bai, L., Deng, H., Zhang, X., Yu, X., & Li, Y. (2016). Gibberellin is involved in inhibition of cucumber growth and nitrogen uptake at suboptimal root-zone temperatures. *PLoS ONE*, 11(5), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156188>
- Barraza-Álvarez, F. V. (2015). Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 60. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3746>
- Barraza-Álvarez, F. V. (2017). Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema hidropónico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 343–350. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7346>

- Bashan, Y., De-Bashan, L. E., & Glick, B. R. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. *Microbiología Agrícola, Hongos, Bacterias, Micro y Macrofauna, Control Biológico, Planta-Microorganismo*, (January), 177–224.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>
- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>
- Borriss, R. (2017). Plant Growth Promoting Bacteria – Early Investigations, Present state and Future prospects. *Vegetos- An International Journal of Plant Research*, 30, 211. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00064.7>
- Boualem, A., Fleurier, S., Troadec, C., Audigier, P., Kumar, A. P. K., Chatterjee, M., ... Bendahmane, A. (2014). Development of a Cucumis sativus TILLinG platform for forward and reverse genetics. *PLoS ONE*, 9(5), 3–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097963>
- Bruto, M., Prigent-Combaret, C., Muller, D., & Moëgne-Loccoz, Y. (2014). Analysis of genes contributing to plant-beneficial functions in plant growth-promoting rhizobacteria and related Proteobacteria. *Scientific Reports*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep06261>
- Burr, T. J., Caesar, A., & Schroll, M. N. (1984). Beneficial plant bacteria. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/07352688409382186>
- Caicedo, L. (1993). *Horticultura* (sexta). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. pp 473-474.
- Canchignia-Martinez, Cruz Rosero, Barrera Álvarez, Morante Carriel, Canchignia Malagón, P. J. (2015). Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género. *Ciencias Agrarias*, 8(1), 25–35.
- Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Cruz-Martinez, J., Araiza-Escalera, I., & Moreno-Reséndez, A. (2011). Determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en compostas y sustratos para la producción en invernadero. In M. Fortis, E. Salazar, J. Dimas López, & P. Preciado (Eds.), *Agricultura Organica* (cuarta par, pp. 320–334). Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México.
- Cardoso, A. I. I. (2002). Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de sementeira. *Bragantia*, 61(1), 43–48. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052002000100007>

- Chen, Y. P., Rekha, P. D., Arun, A. B., Shen, F. T., Lai, W.-A., & Young, C. C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, *34*(1), 33–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.12.002>
- Compant, S., Van Der Heijden, M. G. A., & Sessitsch, A. (2010). Climate change effects on beneficial plant-microorganism interactions. *FEMS Microbiology Ecology*, *73*(2), 197–214. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00900.x>
- Espinosa Palomeque, B., Moreno Reséndez, A., Cano Ríos, P., Álvarez Reyna, V. D. P., Sáenz Mata, J., Sánchez Galván, H., & González Rodríguez, G. (2017). Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afrodita en invernadero. *Revista Terra Latinoamericana*, *35*(2), 169. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i2.194>
- Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R., & Pilar Huante, Y. (2013). Agrobiotechnological importance of the acc deaminase in rhizobacteria, a review. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *36*(3), 251–258.
- FAOSTAT. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA*, *41*(2), 51–57.
- Fortis-Hernández, M., Sánchez-Tapia, C., Preciado-Rangel, P., Salazar-Sosa, E., Segura-Castruita, M. A., Orozco-Vidal, J. A., ... Trejo-Valencia, R. (2013). Sustratos orgánicos tratados para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*, *1*(2), 1–7.
- Fukui, R., Poinar, E., Bauer, P., Schroth, M., Hendson, M., Wang, X., & Hancock, J. (1994). Spatial colonization patterns and interaction of bacteria on inoculated sugar beet seed. *Phytopathology*, *84*, 1338–1345.
- Galindo-Pardo, F. V., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Trejo-Valencia, R., Segura-Castruita, M. Á., & Orozco-Vidal, J. A. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *5*(7), 1219–1232. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i7.867>
- Glick, B. R. (2012). *Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications*. 2012.
- Gómez-López, M. D., Fernández-Trujillo, J. P., & Baille, A. (2006). Cucumber fruit quality at harvest affected by soilless system, crop age and preharvest climatic conditions during two consecutive seasons. *Scientia Horticulturae*, *110*(1), 68–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.06.021>
- Gómez-Luna, B. E., Hernández-Morales, A., Herrera-Méndez, C. H., Arroyo-Figueroa, G., Vargas-Rodríguez, L., & Olalde-Portugal, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de

- plantas de guayaba (*Psidium guajava*). *Ra Ximhai*, 8(3), 97–102.
- Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandhukia, P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500>
- Grageda, O., Díaz, A., Peña, J., & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261–1274.
- Hartmann, A., Rothballer, M., & Schmid, M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant Soil*, 312, 7–14.
- Hattori, T., Hattori, R., & McLaren, A. D. (1976). The Physical Environment in Soil Microbiology: An Attempt to Extend Principles of Microbiology to Soil Microorganisms. *CRC Critical Reviews in Microbiology*, 4(4), 423–461. <https://doi.org/10.3109/10408417609102305>
- Hernández-González, Z., Sahagún-Castellanos, J., Espinosa-Robles, P., Colinas-León, M. T., & Rodríguez-Pérez, J. E. (2014). Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(1), 41–47.
- Heynen, C. E., Van Elsas, J. D., Kuikman, P. J., & van Veen, J. A. (1988). Dynamics of *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* introduced into soil; the effect of bentonite clay on predation by protozoa. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(4), 483–488. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90062-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90062-4)
- Hiltner, L. (1904). Ueber neuere erfahrungen und probleme auf dem gebiete der bodenbakteriologie und unter besonderer berucksichtigung der grundungung und brache. *Gesell, Arb. Deut. Landw.*, 98, 59–78.
- Hochmuth, R. C., Davis, L. L., Laughlin, W. L., Simonne, E. H., Sargent, S. A., & Berry, A. (2004). *Evaluation of Twelve Greenhouse Mini Cucumber (Beit Alpha) Cultivars and Two Growing Systems During the 2002-2003 Winter Season in Florida*. Retrieved from <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.659.61>
- Jasso-Chaverria, C., Hochmuth, G. J., Hochmuth, R. C., & Sargent, S. A. (2005). Fruit yield, size, and color responses of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlite soilless culture. *HortTechnology*, 15(3), 565–571. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.0565>
- Jha, C. K., & Saraf, M. (2015). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. *Journal of Agricultural Research and Development*, 5(2), 108–119. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5171.2164>
- Kang, S. C., Ha, C. G., Lee, T. G., & Maheshwari, D. (2002). Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil-inhabiting fungus *Fomitopsis* sp.

- PS 102. *Current Science*, 82, 439–442.
- Kazemi, M. (2013). Response of Cucumber Plants to Foliar Application of Calcium Chloride and Paclobutrazol under Greenhouse Conditions. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2, 15–18.
- Kidoglu, F., Gül, A., Ozaktan, H., & Tuzel, Y. (2008). Effect of rhizobacteria on plant growth of different vegetables. *Acta Horticulturae*, 801, 1471–1477. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.801.181>
- Labra-Cardon, D., Guerrero-Zuñiga, L. A., Rodríguez-Tovar, A. V., Montes-Villafán, S., Pérez-Jiménez, S., & Rodríguez-Dorantes, A. (2012). Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de. *Plant Physiology*, 28(1), 7–16.
- Loon, L. C. Van, Bakker, P. A. H. M., & Pieterse, C. M. J. (1998). SYSTEMIC RESISTANCE INDUCED. *Annual Review of Phytopathology*, 36, 453–483.
- López-Elias, J., Garza Ortega, S., Huez López, M. A., Jiménez León, J., Rueda Puente, E. O., & Murillo Amador, B. (2015). Produccion De Pepino (Cucumis Sativus L.) En Funcion De La Densidad De Plantacion En Condiciones De Invernadero. *European Scientific Journal*, 11(24), 25–36. Retrieved from <http://www.agricultura.uson.mx/publicaciones/indexadas/ESJ> Vol.11No.24(2015) Articulo.pdf
- López-elías, J., Rodríguez, J. C., Huez-L, M. A., Garza-O, S., Jimenez-L, J., & Leyva-E, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA (Chile)*, 29(2), 21–27.
- Luna-Martínez, L., Martínez-Peniche, R. A., Hernández-Iturriaga, M., Arvizu-Medrano, S. M., & Pacheco-Aguilar, J. R. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 63–69.
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2012). Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (Cucumis sativus L.) en la zona hortícola de Humocaró bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1629–1636. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i8.1327>
- Martínez-Frías, J. C. (2012). Propagación y técnicas de cultivo del Pepino (Cucumis sativus). *Vinculando*, 1–3.
- McNear Jr., D. H. (2013). The Rhizosphere - roots, soil and everything in between. *Nature Education Knowledge*, 4(3), 1.
- Mendes, R., Garbeva, P., & Raaijmakers, J. M. (2013). The rhizosphere microbiome: Significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), 634–663.

<https://doi.org/10.1111/1574-6976.12028>

- Montaño-Mata, N. J., & Méndez-Natera, J. R. (2009). Efecto del ácido indol-3-acético y el ácido naftalenacético sobre el largo y ancho del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cultivar Edisto 47. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 530–538.
- Montaño Mata, N. J., Gil Marín, J. A., & Palmares, Y. (2018). Rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función del tipo de bandeja y la edad de trasplante de las plántulas. *Anales Científicos*, 79(2), 377. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1247>
- Moreno-Velázquez, D., Hernández-Hernández, B. N., Barrios-Díaz, J. M., Ibáñez-Martínez, A., Cruz-Romero, W., & Berdeja-Arbeu, R. (2015). Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva * Postharvest quality of cucumber grown with different nutrient solution Resumen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 637–643.
- Moreno Reséndez, A., García Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68–83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Naveed, M., Imran, M., Zahir, Z. A., & Crowley, D. E. (2016). Relationship between in vitro characterization and comparative efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria for improving cucumber salt tolerance. *Archives of Microbiology*, 198(4), 379–387. <https://doi.org/10.1007/s00203-016-1197-5>
- Nerson, H. (1998). Responses of “little leaf” vs. Normal cucumber to planting density and chlorflorethol. *HortScience*, 33(5), 816–818.
- Ngouajio, M., Wang, G., & Hausbeck, M. K. (2006). Changes in Pickling Cucumber Yield and Economic Value in Response to Planting Density. *Crop Science*, 46(4), 1570–1575. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.10-0377>
- Noumavo-Agossou, P., Adoukè-Agbodjato, N., Baba-Moussa, F., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology*, 15(27), 1452–1463. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15397>
- Oliveira, A. P., Silva, J. A., Oliveira, A. N. P., Silva, D. F., Santos, R. R., & Silva, N. V. (2010). Produção do maxixeiro em função de espaçamentos entre fileiras e entre plantas. *Horticultura Brasileira*, 28, 344–347.
- Oliveros-bastidas, A. D. J., Macías, F. A., Carrera-Fernández, C., Marín, D., & Molinillo, J. M. G. (2009). Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas. *Quim. Nova*, 32(1), 198–213.

- Palacio-Rodríguez, R., Coria-Arellano, J. L., López-Bucio, J., Sánchez-Salas, J., Muro-Pérez, G., Castañeda-Gaytán, G., & Sáenz-Mata, J. (2017). Halophilic rhizobacteria from *Distichlis spicata* promote growth and improve salt tolerance in heterologous plant hosts. *Symbiosis*, 73(3), 179–189. <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0481-8>
- Palacio-Rodríguez, R., Sáenz-Mata, J., & García-Saucedo, O. (2015). *Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal del pasto halófilo Distichlis spicata (L.) Poaceae. (Tesis)*. Facultad de Ciencias Biológicas Caracterización, Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Parray, J. A., Jan, S., Kamili, A. N., Qadri, R. A., Egamberdieva, D., & Ahmad, P. (2016). Current Perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35(3), 877–902. <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9583-4>
- Pérez-García, A., Romero, D., & de Vicente, A. (2011). Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(2), 187–193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.12.003>
- Pulido, L. E., Cabrera, A., & Medina, N. (2003). La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales*, 24(1), 15–24.
- Qin, Y., Shang, Q., Zhang, Y., Li, P., & Chai, Y. (2017). *Bacillus amyloliquefaciens* L-S60 Reforms the Rhizosphere Bacterial Community and Improves Growth Conditions in Cucumber Plug Seedling. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2620. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02620>
- Ramirez-Vargas, C., & Nienhuis, J. (2012). Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 25. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.303>
- Reyes-Castañeda, P. (2003). *Diseño de Experimentos Agrícolas* (3rd ed.; E. Trillas, Ed.). Mexico.
- Richards, B. N. (1987). *The microbiology of terrestrial ecosystems*. Harlow, Essex: Longman Group UK Ltd.
- Saharan, B., & Nehra, V. (2011). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *Life Science and Medical Research*, 21, 1–30.
- Sánchez-del-Castillo, F., González-Molina, L., Moreno-Pérez, E. del C., Pineda-Pineda, J., & Reyes-González, C. E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 261–269.
- Sánchez-López, D. B., Gómez-Vargas, R. M., Garrido-Rubiano, M. F., & Bonilla-Buitrago, R. R. (2012). Inoculación con bacterias promotoras de

- crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 1401–1415. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i7.1346>
- Sánchez López, D. B., & Pérez Pazos, J. V. (2012). Caracterización y evaluación de PGPRs sobre el crecimiento de plántulas de *Dioscorea rotundata* in vitro. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 75–91. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i2.33780>
- Sandí-Mendoza, C. G. (2016). *Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de san carlos, costa rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos.
- Santi, A., Scaramuzza, W. L. M. P., Soares, D. M. J., Scaramuzza, J. F., Dallacort, R., Krause, W., & Tieppo, R. C. (2013). Desempenho e orientação do crescimento do pepino japonês em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 31(4), 649–653. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400023>
- Schultheis, J., Wehner, T., & Walters, A. (1998). Optimum planting density and harvest stage for little and normal-leaf cucumbers for once-over harvest. *Canadian Journal of Plant Science*, 78, 33–340. <https://doi.org/10.4141/P97-065>
- Schwachtje, J., Karojet, S., Kunz, S., Brouwer, S., & van Dongen, J. T. (2012). Plant-growth promoting effect of newly isolated rhizobacteria varies between two *Arabidopsis* ecotypes. *Plant Signaling & Behavior*, 7(6), 623–627. <https://doi.org/10.4161/psb.20176>
- Seminis. (2018). Producción y exportación del pepino cultivado en México. Retrieved from Bayer website: <https://www.seminis.mx/produccion-y-exportacion-del-pepino-cultivado-en-mexico/>.
- Serrato-Sánchez, R., Ortiz-Arellano, A., Dimas-López, J., & Berúmen-Padilla, S. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la comarca lagunera, México. *Terra Latinoamericana*, 20(3), 329–336.
- Sharifi-Noori, M. S., & Mohd-Saud, H. (2012). Plant Pathology & Microbiology Potential Plant Growth-Promoting Activity of *Pseudomonas* sp Isolated from Paddy Soil in Malaysia as Biocontrol Agent. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 3(2), 2–5. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000120>
- Shaw, N. L., Cantliffe, D. J., Rodriguez, J. C., Taylor, S., & Spencer, D. M. (2000). Beit Alpha cucumber - an exciting new greenhouse crop. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 113, 247–253.
- SIAP. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola a nivel nacional 2019. Retrieved from <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sivacioğlu, A., Ayan, S., & Çelik, D. A. (2009). Clonal variation in growth,

- flowering and cone production in a seed orchard of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(17), 4084–4093. <https://doi.org/10.4314/ajb.v8i17.62133>
- Somers, E., Vanderleyden, J., & Srinivasan, M. (2004). Rhizosphere Bacterial Signalling: A Love Parade Beneath Our Feet. *Critical Reviews in Microbiology*, 30(4), 205–240. <https://doi.org/10.1080/10408410490468786>
- Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). *Substrates: Chemical Characteristics and Preparation BT - Plant Nutrition of Greenhouse Crops* (C. Sonneveld & W. Voogt, Eds.). https://doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6_11
- Staub, J. E., Robbins, M. D., & Wehner, T. C. (2008). *Cucumber BT - Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae* (J. Prohens & F. Nuez, Eds.). https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_8
- Steiner, A. A. (1984). The Universal Nutrient Solution. *Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult.*, 633–649.
- Suniaga-Q, J., Rodríguez, A., Rázuri-Ramírez, L., Romero, E., & Montilla, E. (2008). Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premontano. *Agricultura Andina*, 15, 56–65.
- Terabayashi, S., Muramatsu, I., Tokutani, S., Ando, M., Kitagawa, E., Shigemori, T., ... Fujime, Y. (2004). Relationship between the weekly nutrient uptake rate during fruiting stages and fruit weight of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown hydroponically. *Journal Japan Soc. Hort. Sci.*, 73(4), 324–329.
- Tsuchida, H., Kozukue, N., Han, G., Choi, S., Levin, C. E., & Friedman, M. (2010). Low-temperature storage of cucumbers induces changes in the organic acid content and in citrate synthase activity. *Postharvest Biology and Technology*, 58(2), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.06.006>
- Van-Loon, L. C., & Bakker, P. A. H. M. (2003). *Signalling in Rhizobacteria-Plant Interactions BT - Root Ecology* (H. de Kroon & E. J. W. Visser, Eds.). https://doi.org/10.1007/978-3-662-09784-7_12
- Vásquez-Santiago, E., Lira-Saldivar, R. H., Valdéz-Aguilar, L. A., Cárdenas-Flores, A., Ibarra-Jiménez, L., & González-Sandoval, D. C. (2014). Respuestas del pepino a la fertilización biológica y mineral con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 2(10), 1–11.
- Vassilev, N., Medina, A., Azcon, R., & Vassileva, M. (2006). Microbial solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes and effect of the resulting products on plant growth and P uptake. *Plant and Soil*, 287(1), 77. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9054-y>

- Whipps, J. M. (2001). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, 52(suppl_1), 487–511. https://doi.org/10.1093/jexbot/52.suppl_1.487
- Xu, X., Jeffries, P., Pautasso, M., & Jeger, M. J. (2011). *A Numerical Study of Combined Use of Two Biocontrol Agents with Different Biocontrol Mechanisms in Controlling Foliar Pathogens* A Numerical Study of Combined Use of Two Biocontrol Agents with Different Biocontrol Mechanisms in Controlling Foliar Pathogens. (March). <https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-10-0267>
- Yáñez Juárez, M. G., León de la Rocha, J. F., Godoy Angulo, T. P., Gastélum Luque, R., López Meza, M., Cruz Ortega, J. E., & Cervantes Díaz, L. (2012). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2), 259–270. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1461>
- Zahid, M., Abbasi, M. K., Hameed, S., & Rahim, N. (2015). Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.). *Frontiers in Microbiology*, 6, 207. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00207>
- Zahir, Z. A., Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (2004). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Applications and Perspectives In Agriculture. In *Advances in Agronomy* (Vol. 81, pp. 97–168). [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(03\)81003-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)81003-9)

6 ANEXOS

Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable Peso de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	14841.56	7420.78	5.35	0.0103 *
Bacteria (B)	3	7530.94	2510.31	1.81	0.1665 NS
Variedad (V)	1	194180.10	194180.10	140.06	<.0001 **
Solución (S)	1	1782.12	1782.12	1.29	0.2659 NS
B*V	3	6947.07	2315.69	1.67	0.1944 NS
B*S	3	1644.02	548.01	0.40	0.7573 NS
V*S	1	1059.77	1059.77	0.76	0.3889 NS
B*V*S	3	7771.33	257.11	0.19	0.9055 NS
Modelo	17	228756.88	13456.29	9.71	<.0001 **
Error	30	41591.54	1386.38		
Total	47	270348.42			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable Peso de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	70049.11	35024.55	4.10	0.0268
Bacteria (B)	3	430.64	143.55	0.02	0.9970
Variedad (V)	1	184333.24	184333.24	21.56	<.0001
Solución (S)	1	384.90	384.90	0.05	0.8334
B*V	3	39179.33	13059.78	1.53	0.2277
B*S	3	9561.55	3187.18	0.37	0.7733
V*S	1	6783.25	6783.25	0.79	0.3802
B*V*S	3	2868.62	956.21	0.11	0.9525
Modelo	17	313590.64	18446.51	2.16	0.0319
Error	30	256548.53	8551.62		
Total	47	570139.17			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A3. Análisis de varianza para la variable Peso de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	15379.98	7689.99	5.92	0.0068
Bacteria (B)	3	3320.56	1106.85	0.85	0.4765
Variedad (V)	1	16516.40	16516.40	12.71	0.0012
Solución (S)	1	70.18	70.18	0.05	0.8178
B*V	3	18950.07	6316.69	4.86	0.0071
B*S	3	2914.19	971.40	0.75	0.5322
V*S	1	934.34	934.34	0.72	0.4031
B*V*S	3	4109.11	1369.70	1.05	0.3830
Modelo	17	62194.82	3658.52	2.82	0.0064
Error	30	38972.22	1299.07		
Total	47	101167.04			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable Peso de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	44373.10	22186.55	9.80	0.0005
Bacteria (B)	3	4663.66	1554.55	0.69	0.5671
Variedad (V)	1	66694.14	66694.14	29.47	<.0001
Solución (S)	1	1996.18	1996.18	0.88	0.3551
B*V	3	2009.53	669.84	0.30	0.8280
B*S	3	3766.25	1255.42	0.55	0.6490
V*S	1	1404.17	1404.17	0.62	0.4371
B*V*S	3	2209.35	736.45	0.33	0.8070
Modelo	17	127116.37	7477.43	3.30	0.0021
Error	30	67895.00	2263.17		
Total	47	195011.37			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable Peso de Fruto de la Media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	24277.55	12138.77	11.54	0.0002
Bacteria (B)	3	1478.12	492.71	0.47	0.7065
Variedad (V)	1	98716.52	98716.52	93.87	<.0001
Solución (S)	1	11.74	11.74	0.01	0.9166
B*V	3	3221.29	1073.76	1.02	0.3972
B*S	3	2684.64	894.88	0.85	0.4771
V*S	1	867.99	867.99	0.83	0.3709
B*V*S	3	180.10	60.03	0.06	0.9817
Modelo	17	131437.95	7731.64	7.35	<.0001
Error	30	31549.64	1051.65		
Total	47	162987.59			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable Longitud de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	9.87	4.94	4.72	0.0165
Bacteria (B)	3	4.78	1.59	1.52	0.2284
Variedad (V)	1	192.96	192.96	184.66	<.0001
Solución (S)	1	0.66	0.66	0.63	0.4326
B*V	3	2.91	0.97	0.93	0.4395
B*S	3	0.49	0.16	0.16	0.9246
V*S	1	0.34	0.34	0.33	0.5707
B*V*S	3	0.52	0.17	0.16	0.9194
Modelo	17	212.53	12.50	11.96	<.0001
Error	30	31.35	1.04		
Total	47	243.88			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A7. Análisis de varianza para la variable Longitud de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	75.94	37.97	3.31	0.0501
Bacteria (B)	3	11.47	3.82	0.33	0.8012
Variedad (V)	1	296.57	296.57	25.88	<.0001
Solución (S)	1	5.62	5.62	0.49	0.4892
B*V	3	43.58	14.53	1.27	0.3032
B*S	3	24.02	8.01	0.70	0.5602
V*S	1	8.02	8.02	0.70	0.4094
B*V*S	3	8.47	2.82	0.25	0.8632
Modelo	17	473.70	27.86	2.43	0.0162
Error	30	343.77	11.46		
Total	47	817.47			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A8. Análisis de varianza para la variable Longitud de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	5.44	2.72	2.66	0.0865
Bacteria (B)	3	2.84	0.95	0.93	0.4401
Variedad (V)	1	74.77	74.77	73.03	<.0001
Solución (S)	1	0.01	0.01	0.01	0.9240
B*V	3	7.25	2.42	2.36	0.0913
B*S	3	7.12	2.37	2.32	0.0955
V*S	1	0.92	0.92	0.90	0.3511
B*V*S	3	3.02	1.01	0.98	0.4135
Modelo	17	101.38	5.96	5.82	<.0001
Error	30	30.71	1.02		
Total	47	132.09			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A9. Análisis de varianza para la variable Longitud de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	12.74	6.37	2.39	0.1088
Bacteria (B)	3	4.27	1.42	0.53	0.6623
Variedad (V)	1	101.66	101.66	38.14	<.0001
Solución (S)	1	0.75	0.75	0.28	0.5990
B*V	3	3.55	1.18	0.44	0.7233
B*S	3	1.53	0.51	0.19	0.9018
V*S	1	3.33	3.33	1.25	0.2724
B*V*S	3	1.65	0.55	0.21	0.8909
Modelo	17	129.49	7.62	2.86	0.0058
Error	30	79.96	2.67		
Total	47	209.45			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A10. Análisis de varianza para la variable Longitud de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	15.87	7.93	6.62	0.0042
Bacteria (B)	3	1.30	0.43	0.36	0.7805
Variedad (V)	1	155.26	155.26	129.50	<.0001
Solución (S)	1	0.34	0.34	0.28	0.5992
B*V	3	3.99	1.33	1.11	0.3608
B*S	3	4.46	1.49	1.24	0.3129
V*S	1	1.58	1.58	1.32	0.2599
B*V*S	3	0.16	0.05	0.04	0.9878
Modelo	17	182.95	10.76	8.98	<.0001
Error	30	35.97	1.20		
Total	47	218.92			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A11. Análisis de varianza para la variable Diámetro de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	17.13	8.57	1.57	0.2247
Bacteria (B)	3	5.02	1.67	0.31	0.8203
Variedad (V)	1	194.45	194.45	35.63	<.0001
Solución (S)	1	36.65	36.65	6.72	0.0146
B*V	3	10.85	3.62	0.66	0.5814
B*S	3	7.48	2.49	0.46	0.7145
V*S	1	0.03	0.03	0.01	0.9371
B*V*S	3	6.41	2.14	0.39	0.7601
Modelo	17	278.03	16.35	3.00	0.0042
Error	30	163.71	5.46		
Total	47	441.74			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A12. Análisis de varianza para la variable Diámetro de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	292.62	146.31	2.42	0.1061
Bacteria (B)	3	60.74	20.25	0.33	0.8002
Variedad (V)	1	146.70	146.70	2.43	0.1298
Solución (S)	1	1.29	1.29	0.02	0.8846
B*V	3	169.76	56.59	0.94	0.4355
B*S	3	145.15	48.38	0.80	0.5035
V*S	1	81.81	81.81	1.35	0.2539
B*V*S	3	72.39	24.13	0.40	0.7546
Modelo	17	970.45	57.09	0.94	0.5367
Error	30	1813.78	60.46		
Total	47	2784.23			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A13. Análisis de varianza para la variable Diámetro de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	22.30	11.15	2.00	0.1529
Bacteria (B)	3	7.56	2.52	0.45	0.7179
Variedad (V)	1	2.38	2.38	0.43	0.5187
Solución (S)	1	0.17	0.17	0.03	0.8614
B*V	3	40.06	13.35	2.40	0.0879
B*S	3	12.65	4.22	0.76	0.5273
V*S	1	7.73	7.73	1.39	0.2483
B*V*S	3	22.05	7.35	1.32	0.2868
Modelo	17	114.90	6.76	1.21	0.3131
Error	30	167.24	5.57		
Total	47	282.14			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A14. Análisis de varianza para la variable Diámetro de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	51.55	25.78	1.22	0.3104
Bacteria (B)	3	29.31	9.77	0.46	0.7115
Variedad (V)	1	233.15	233.15	11.00	0.0024
Solución (S)	1	71.47	71.47	3.37	0.0762
B*V	3	26.78	8.93	0.42	0.7390
B*S	3	10.26	3.42	0.16	0.9214
V*S	1	35.07	35.07	1.66	0.2081
B*V*S	3	34.66	11.55	0.55	0.6551
Modelo	17	492.26	28.96	1.37	0.2211
Error	30	635.61	21.19		
Total	47	1127.87			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A15. Análisis de varianza para la variable Diámetro de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	46.09	23.04	3.49	0.0435
Bacteria (B)	3	1.38	0.46	0.07	0.9757
Variedad (V)	1	98.92	98.92	14.97	0.0005
Solución (S)	1	0.98	0.98	0.15	0.7033
B*V	3	6.83	2.28	0.34	0.7933
B*S	3	21.41	7.14	1.08	0.3725
V*S	1	20.09	20.09	3.04	0.0914
B*V*S	3	2.25	0.75	0.11	0.9515
Modelo	17	197.96	11.64	1.76	0.0852
Error	30	198.26	6.61		
Total	47	396.22			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A16. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Cascara de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.66	0.33	0.84	0.4432
Bacteria (B)	3	0.33	0.11	0.28	0.8422
Variedad (V)	1	4.27	4.27	10.82	0.0026
Solución (S)	1	0.77	0.77	1.94	0.1736
B*V	3	0.45	0.15	0.38	0.7684
B*S	3	3.70	1.23	3.12	0.0406
V*S	1	1.79	1.79	4.52	0.0418
B*V*S	3	1.49	0.50	1.25	0.3078
Modelo	17	13.44	0.79	2.00	0.0468
Error	30	11.84	0.39		
Total	47	25.29			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A17. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Cascara de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.22	0.61	0.46	0.6378
Bacteria (B)	3	2.58	0.86	0.65	0.5912
Variedad (V)	1	0.76	0.76	0.57	0.4561
Solución (S)	1	3.58	3.58	2.69	0.1114
B*V	3	2.29	0.76	0.57	0.6369
B*S	3	0.72	0.24	0.18	0.9088
V*S	1	3.93	3.93	2.95	0.0963
B*V*S	3	1.35	0.45	0.34	0.7973
Modelo	17	16.43	0.97	0.73	0.7537
Error	30	39.95	1.33		
Total	47	56.39			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A18. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Cascara de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.40	0.70	0.79	0.4652
Bacteria (B)	3	3.95	1.32	1.48	0.2396
Variedad (V)	1	7.54	7.54	8.48	0.0067
Solución (S)	1	2.22	2.22	2.50	0.1245
B*V	3	2.23	0.74	0.84	0.4841
B*S	3	2.51	0.84	0.94	0.4323
V*S	1	1.20	1.20	1.35	0.2540
B*V*S	3	1.33	0.44	0.50	0.6860
Modelo	17	22.38	1.32	1.48	0.1688
Error	30	26.66	0.89		
Total	47	49.03			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A19. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Cascara de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	97.43	48.71	1.24	0.3028
Bacteria (B)	3	95.06	31.69	0.81	0.4989
Variedad (V)	1	8.44	8.44	0.22	0.6458
Solución (S)	1	55.26	55.26	1.41	0.2442
B*V	3	102.76	34.25	0.87	0.4652
B*S	3	114.36	38.12	0.97	0.4183
V*S	1	64.11	64.11	1.64	0.2106
B*V*S	3	134.68	44.89	1.15	0.3465
Modelo	17	672.11	39.54	1.01	0.4756
Error	30	1175.10	39.17		
Total	47	1847.21			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A20. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Cascara de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.09	0.04	0.17	0.8480
Bacteria (B)	3	0.14	0.05	0.18	0.9115
Variedad (V)	1	5.30	5.30	19.80	0.0001
Solución (S)	1	0.33	0.33	1.22	0.2784
B*V	3	0.11	0.04	0.14	0.9337
B*S	3	0.55	0.18	0.69	0.5682
V*S	1	0.03	0.03	0.10	0.7571
B*V*S	3	0.13	0.04	0.16	0.9227
Modelo	17	6.67	0.39	1.47	0.1748
Error	30	8.03	0.27		
Total	47	14.71			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A21. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Pulpa de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.33	0.16	0.57	0.5714
Bacteria (B)	3	0.09	0.03	0.10	0.9596
Variedad (V)	1	0.12	0.12	0.40	0.5307
Solución (S)	1	0.66	0.66	2.31	0.1393
B*V	3	0.31	0.10	0.35	0.7866
B*S	3	0.88	0.29	1.02	0.3990
V*S	1	1.54	1.54	5.34	0.0279
B*V*S	3	1.02	0.34	1.18	0.3343
Modelo	17	4.93	0.29	1.01	0.4768
Error	30	8.63	0.29		
Total	47	13.56			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A22. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Pulpa de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.42	0.21	0.66	0.5244
Bacteria (B)	3	0.13	0.04	0.14	0.9343
Variedad (V)	1	0.05	0.05	0.15	0.6986
Solución (S)	1	1.93	1.93	6.08	0.0196
B*V	3	1.42	0.47	1.49	0.2379
B*S	3	1.45	0.48	1.52	0.2299
V*S	1	0.22	0.22	0.70	0.4084
B*V*S	3	0.39	0.13	0.41	0.7485
Modelo	17	6.01	0.35	1.11	0.3869
Error	30	9.54	0.32		
Total	47	15.55			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A23. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Pulpa de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.42	0.21	0.54	0.5865
Bacteria (B)	3	1.24	0.41	1.07	0.3783
Variedad (V)	1	2.58	2.58	6.67	0.0150
Solución (S)	1	0.14	0.14	0.36	0.5524
B*V	3	1.06	0.35	0.92	0.4450
B*S	3	1.00	0.33	0.86	0.4734
V*S	1	0.51	0.51	1.33	0.2582
B*V*S	3	1.50	0.50	1.29	0.2943
Modelo	17	8.46	0.50	1.29	0.2664
Error	30	11.62	0.39		
Total	47	20.08			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A24. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Pulpa de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	1.17	0.58	1.64	0.2107
Bacteria (B)	3	0.45	0.15	0.43	0.7361
Variedad (V)	1	3.43	3.43	9.65	0.0041
Solución (S)	1	0.24	0.24	0.68	0.4159
B*V	3	2.01	0.67	1.89	0.1524
B*S	3	0.89	0.30	0.84	0.4826
V*S	1	0.04	0.04	0.12	0.7264
B*V*S	3	2.01	0.67	1.88	0.1537
Modelo	17	10.25	0.60	1.70	0.0999
Error	30	10.65	0.36		
Total	47	20.90			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A25. Análisis de varianza para la variable Firmeza de la Pulpa de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.04	0.02	0.22	0.8043
Bacteria (B)	3	0.06	0.02	0.19	0.9037
Variedad (V)	1	0.80	0.80	8.15	0.0077
Solución (S)	1	0.34	0.34	3.43	0.0737
B*V	3	0.22	0.07	0.74	0.5339
B*S	3	0.03	0.01	0.09	0.9625
V*S	1	0.04	0.04	0.39	0.5346
B*V*S	3	0.43	0.14	1.45	0.2481
Modelo	17	1.95	0.11	1.17	0.3448
Error	30	2.94	0.10		
Total	47	4.89			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A26. Análisis de varianza para la variable Ancho de la Pulpa de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	19.31	9.65	14.50	<.0001
Bacteria (B)	3	3.88	1.29	1.94	0.1437
Variedad (V)	1	28.24	28.24	42.43	<.0001
Solución (S)	1	0.08	0.08	0.12	0.7367
B*V	3	3.00	1.00	1.50	0.2346
B*S	3	1.07	0.36	0.53	0.6620
V*S	1	0.92	0.92	1.38	0.2496
B*V*S	3	1.38	0.46	0.69	0.5643
Modelo	17	57.87	3.40	5.11	<.0001
Error	30	19.97	0.67		
Total	47	77.83			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A27. Análisis de varianza para la variable Ancho de la Pulpa de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	45.95	22.97	3.35	0.0485
Bacteria (B)	3	3.22	1.07	0.16	0.9246
Variedad (V)	1	23.34	23.34	3.41	0.0748
Solución (S)	1	9.71	9.71	1.42	0.2431
B*V	3	22.65	7.55	1.10	0.3635
B*S	3	3.85	1.28	0.19	0.9040
V*S	1	1.04	1.04	0.15	0.7002
B*V*S	3	10.97	3.66	0.53	0.6625
Modelo	17	120.74	7.10	1.04	0.4509
Error	30	205.48	6.85		
Total	47	326.21			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A28. Análisis de varianza para la variable Ancho de la Pulpa de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	2.1945	1.0972	2.3800	0.1093
Bacteria (B)	3	1.2333	0.4111	0.8900	0.4558
Variedad (V)	1	0.0002	0.0002	0.0000	0.9847
Solución (S)	1	0.1768	0.1768	0.3800	0.5400
B*V	3	0.4538	0.1513	0.3300	0.8045
B*S	3	2.5853	0.8618	1.8700	0.1554
V*S	1	0.0785	0.0785	0.1700	0.6825
B*V*S	3	0.0351	0.0117	0.0300	0.9944
Modelo	17	6.7575	0.3975	0.8600	0.6158
Error	30	13.8021	0.4601		
Total	47	20.5596			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A29. Análisis de varianza para la variable Ancho de la Pulpa de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	5.39	2.70	1.80	0.1824
Bacteria (B)	3	4.80	1.60	1.07	0.3766
Variedad (V)	1	7.86	7.86	5.25	0.0291
Solución (S)	1	0.42	0.42	0.28	0.6010
B*V	3	3.01	1.00	0.67	0.5763
B*S	3	4.57	1.52	1.02	0.3983
V*S	1	5.81	5.81	3.89	0.0580
B*V*S	3	2.20	0.73	0.49	0.6921
Modelo	17	34.06	2.00	1.34	0.2354
Error	30	44.87	1.50		
Total	47	78.93			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A30. Análisis de varianza para la variable Ancho de la Pulpa de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	11.72	5.86	7.28	0.0026
Bacteria (B)	3	2.52	0.84	1.05	0.3868
Variedad (V)	1	10.50	10.50	13.04	0.0011
Solución (S)	1	0.34	0.34	0.42	0.5217
B*V	3	1.43	0.48	0.59	0.6242
B*S	3	1.29	0.43	0.53	0.6631
V*S	1	0.47	0.47	0.59	0.4493
B*V*S	3	0.99	0.33	0.41	0.7484
Modelo	17	29.27	1.72	2.14	0.0334
Error	30	24.15	0.81		
Total	47	53.42			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A31. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto Cosecha 1 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.4698	0.2349	13.9500	<.0001
Bacteria (B)	3	0.1079	0.0360	2.1400	0.1164
Variedad (V)	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.9886
Solución (S)	1	0.0256	0.0256	1.5200	0.2270
B*V	3	0.0250	0.0083	0.5000	0.6883
B*S	3	0.0588	0.0196	1.1600	0.3399
V*S	1	0.0291	0.0291	1.7300	0.1989
B*V*S	3	0.1073	0.0358	2.1200	0.1180
Modelo	17	0.8236	0.0484	2.8800	0.0056
Error	30	0.5052	0.0168		
Total	47	1.3288			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A32. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto Cosecha 2 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.0405	0.0203	0.0500	0.9501
Bacteria (B)	3	1.2670	0.4223	1.0700	0.3778
Variedad (V)	1	0.0001	0.0001	0.0000	0.9907
Solución (S)	1	0.0015	0.0015	0.0000	0.9508
B*V	3	1.4478	0.4826	1.2200	0.3198
B*S	3	1.6502	0.5501	1.3900	0.2650
V*S	1	0.2841	0.2841	0.7200	0.4036
B*V*S	3	1.5299	0.5100	1.2900	0.2963
Modelo	17	6.2212	0.3660	0.9200	0.5557
Error	30	11.8741	0.3958		
Total	47	18.0953			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A33. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto Cosecha 3 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	3.3771	1.6885	6.5500	0.0044
Bacteria (B)	3	0.5748	0.1916	0.7400	0.5348
Variedad (V)	1	0.0077	0.0077	0.0300	0.8642
Solución (S)	1	0.2035	0.2035	0.7900	0.3815
B*V	3	1.6128	0.5376	2.0800	0.1232
B*S	3	0.4586	0.1529	0.5900	0.6245
V*S	1	0.0235	0.0235	0.0900	0.7651
B*V*S	3	0.0664	0.0221	0.0900	0.9673
Modelo	17	6.3243	0.3720	1.4400	0.1850
Error	30	7.7359	0.2579		
Total	47	14.0602			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A34. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto Cosecha 4 a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	2.07293	1.03647	1.81000	0.1809
Bacteria (B)	3	3.11220	1.03740	1.81000	0.1661
Variedad (V)	1	0.65333	0.65333	1.14000	0.2938
Solución (S)	1	0.04142	0.04142	0.07000	0.7898
B*V	3	0.34180	0.11393	0.20000	0.8962
B*S	3	2.28733	0.76244	1.33000	0.2824
V*S	1	0.06871	0.06871	0.12000	0.7314
B*V*S	3	0.85233	0.28411	0.50000	0.6875
Modelo	17	9.43004	0.55471	0.97000	0.5127
Error	30	17.16832	0.57228		
Total	47	26.59835			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.

Cuadro A35. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto de la media de las cuatro cosechas a través de la Variedad, Bacteria, Concentración e Interacción en el cultivo de Pepino bajo condiciones de invernadero. Mayo-septiembre 2018. UAAAN-UL 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	0.9935	0.4968	6.2500	0.0054
Bacteria (B)	3	0.0666	0.0222	0.2800	0.8398
Variedad (V)	1	0.0333	0.0333	0.4200	0.5224
Solución (S)	1	0.0085	0.0085	0.1100	0.7454
B*V	3	0.3247	0.1082	1.3600	0.2731
B*S	3	0.3234	0.1078	1.3600	0.2748
V*S	1	0.0002	0.0002	0.0000	0.9611
B*V*S	3	0.0626	0.0209	0.2600	0.8516
Modelo	17	1.8129	0.1066	1.3400	0.2338
Error	30	2.3833	0.0794		
Total	47	4.1962			

<0.05 es significativo*, <0.01 es Altamente significativo** y si es ≥ 0.05 No hay significancia NS.