



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**EFFECTO DE COMBINACIONES DE
SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO HORTÍCOLA**

P R E S E N T A:

ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR SOTÉLO NAVA

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 22 septiembre de 2023

EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Tesis realizada por (**Erick Noé Soza Álvarez**) bajo la dirección del Comité Revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO HORTÍCOLA

COMITÉ REVISOR

Director de tesis: _____

Dr. Héctor Sotelo Nava

Codirector de tesis: _____

Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres

Revisor: _____

Dra. María Andrade Rodríguez

Revisor: _____

Biol. Isis Mora Orea

Revisor: _____

MC Magdalena Albavera Pérez

Revisor: _____

Ing. José Antonio Gómez Miranda

Cuernavaca, Morelos, 22 septiembre de 2023.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, Padre, Hijo y Espíritu Santo: a la Bienaventurada Virgen María por su constante protección y permitirme cumplir una meta más de mi vida, por abrirme puertas desde el primer instante que pisé suelo mexicano, permitirme mi regularización migratoria, estabilidad económica y habitacional, por haber puesto en mi camino a las hermanas Concepcionistas de la Encarnación, a la **Sra. Pilar Guinovart Campos** y familia por emplearme en su casa de fin de semana, a la **Sra. Ana Paula Brozal Rivera** quien me acompañó muy de cerca y se solidarizó durante mi proceso educativo, con migo a pesar de su carencia económica, a la **Dra. Fabiola Estrada** y familia por su solidaridad y apoyo moral, no tengo como pagar todo lo que han hecho por mí y mi hermano, a la comunidad religiosa de las **hermanas misioneras Guadalupanas de Cristo Rey OSB** por el acompañamiento y respaldo en mi examen de ingreso a la UAEM y servicio social para la integración profesional de la FCA y el apoyo moral. Al **Movimiento Focolar Cuernavaca**, a **Mr. John Miles Abernethy** por su acompañamiento y ayuda económica por la gestión legal de mí residencia, materiales escolares y atención de salud.

Al reverendo e ilustre **Padre Pablo Soza OSB** por confiar en mí y acompañarme en las buenas y en las malas, en mi proceso educativo. Al reverendo **Padre Erick Hernández Espinosa** y familia por sus atenciones y respaldo moral. A mis compañeros el **Ing. Enrique Figueroa Carmona** y su esposa, a la **Ing. Diana Janeth Ronces Alvarado** y familia por su solidaridad, por dejarme gozar de su amistad y confianza invitándome en sus momentos de alegrías de sus hogares.

Un reconocimiento muy especial al **Dr. Héctor Sotelo Nava** por confiar en mí y darme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación, por todo su apoyo y gran experiencia en el sector agrícola y en el proceso de transferencia de Tecnología, muchas gracias.

Al **Dr. Francisco Perdomo Roldán** por enseñarme y compartir sus conocimientos en la investigación científica en el agro.

A los miembros de mi comité de tesis: **Dra. María Andrade Rodríguez, Bio. Isis Mora Oria, MC. Magdalena Albavera Pérez e Ing. José Antonio López Miranda**, por su apoyo en la revisión de la presente tesis.

A la **Universidad Autónoma del Estado de Morelos** por acogerme, darme la oportunidad de gozar de los derechos de la educación superior gratuita y considerarme un mexicano más necesitado de la educación universal.

A la **Dirección General de Desarrollo Sustentable** de la UAEM, por permitirme desarrollar mi servicio social, por donarme el material de la composta universitaria para mi área experimental y por permitirme su espacio para el proceso de redacción de mi tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis de todo corazón, con respeto y admiración:

A **Dios** creador de toda las cosas, por permitirme culminar mis estudios en las ciencias agropecuarias y por abrirme puertas para ejercer mi profesión.

A Nuestra Señora de la **Concepción de María** patrona de mi Nicaragua, por su socorro en mis días grises al estar lejos de mi patria y de mí familia.

A esta patria ¡**México** lindo y querido! por sus bondades y calidez en refugiarme.

A mi madre **Melba Álvarez** mi razón de mi vida. Gracias por creer en mí y estar tan cerca con sus rezos y oraciones.

A mi sobrino **Alejandro Saúl Mendoza Soza**, por su ejemplo de dedicación, sacrificio y entrega al culminar su primaria con la mejor calificación de su salón y reconocido como el mejor alumno sobresaliente de su generación.

Con todo cariño a la **Sra. Pilar Guinovart Campos** y a la **Dra. Fabiola Estrada** por su gran corazón humanitario y solidario. ¡Muchas gracias por todo su apoyo! A **Mr. John Miles Abernethy** ¡gracias por ser mi nuevo hermano!, ¡gracias por todo tu apoyo!

Con todo cariño cito esta palabras:

“Tiene un corazón sencillo quien ama sin condicionamientos. La sencillez está en los gestos concretos de la vida cotidiana, que va desde el esbozo de una sonrisa hasta aceptar el dolor del otro como si fuese propio; desde un cálido saludo que realmente desea el bien de la persona, hasta vivir con el otro sus alegrías y sus tristezas.

Se tiene un corazón sencillo y sincero cuando somos sal de la tierra y luz del mundo; cuando se muestra la acción de Dios en nuestra vida con humildad y con amor al prójimo” (MFI parola, 2023).

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
3.1. Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	4
3.1.1. Origen y generalidades del cultivo	4
3.2. Taxonomía, morfología y fenología del cultivo	4
3.2.1 Clasificación taxonómica	5
3.2.2. Morfología de la planta	5
3.2.3 Fenología del cultivo	6
3.3. Plagas y enfermedades	6
3.3.1 Principales plagas del cultivo de pepino	7
3.3.2 Principales enfermedades del pepino	8
3.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	8
3.4.1 Suelo y pH	8
3.4.2 Temperatura	9
3.4.3 Humedad	9
3.4.4 Luminosidad	10
3.4.5 Fertilización	10
3.4.6 Riego	10
3.4.7 Polinización	10
3.4.8 Poda	10

3.4.9 Tutorado.....	11
3.4.10 Cosecha.....	11
3.5 Sustrato.....	11
3.5.1 Concepto de sustrato y ventajas de su uso.....	12
3.5.2. Clasificación de sustratos.....	12
3.6 Producción del cultivo de pepino en México bajo condiciones de invernadero.....	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 Ubicación del experimento	15
4.2 Material vegetal	15
4.3 Bioinoculantes.....	16
4.4 Nutrición mineral	17
4.5 Tratamientos.....	18
4.6 Producción de plántula.....	19
4.7 Establecimiento del experimento.....	19
4.7.1 Variables para evaluar	19
4.7.2 Diseño experimental.....	25
4.8. Análisis de datos	26
4.8.1 Prueba estadística utilizada	26
4.9. Manejo agronómico del cultivo	27
4.9.1 Preparación del invernadero.....	27
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1 Altura de planta	34
5.2 rAUDPC (Tasa de crecimiento)	36
5.3 Contenido relativo de clorofila (SPAC)	38
5.4 Floración.....	39
5.4.1 Flores masculinas	39
5.4.2 Flores femeninas	40
5.4.3 Relación unisexual monoica	41
5.5 Peso fresco de la planta	42
5.6 Peso seco de la planta	43
5.7 Longitud de la raíz:	43
5.8 Volumen de raíz:	45
5.9 Peso fresco de raíz:.....	46

5.10 Peso seco de la raíz:.....	47
5.11 Diámetro polar del fruto:	48
5.12 Diámetro ecuatorial de fruto:.....	49
5.13 Rendimiento:	49
6. CONCLUSIONES	51
7.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	52
8. LITERATURA CITADA	53
9. ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del experimento, invernadero del campo Experimental de la facultad de Ciencias agropecuarias.....	15
Figura 2 Semilla del híbrido Poinsett.....	16
Figura 3 Bio inoculante de la marca Glumix® Mejorador de suelo, Micorrizas VAN inoculante granulado.....	17
Figura 4 Formulas químicas de los fertilizantes solubles comerciales que componen la formula universal Steiner (100%) proceso de pesaje y disolución.	18
Figura 5 Diferentes materiales para la germinación de semilla de la variedad Poinsett.	19
Figura 6 Toma de medidas de altura en diferentes estadios de la planta con la ayuda de un flexómetro.....	20
Figura 7 Medida de diámetro del tallo en los diferentes bloques, datos en unidades de milímetros.....	20
Figura 8 Contabilización de flores masculinas y femeninas para establecer la relación monoica.....	21
Figura 9 Toma de muestras con medidor SPAD para la concentración de clorofila en el órgano foliar.	21
Figura 10 Toma de medidas del diámetro ecuatorial del fruto cosechado.	22
Figura 11 Toma de medidas para el diámetro polar del fruto cosechado.....	22
Figura 12 Pesado de frutos cosechados para el cálculo del rendimiento por planta..	23
Figura 13 Toma de medidas para el longitud de la raíz.	23
Figura 14 Toma de muestra para el volumen de raíz con la aplicación del principio de Arquímedes.....	24
Figura 15 Peso del sistema radicular de la planta fresco y seco con 72 horas de proceso de secado.....	24
Figura 16 Peso de órgano aéreo, proceso de secado en horno con 72 horas y peso del órgano seco.	25
Figura 17 Plano de la parcela experimental en la distribución de sus tratamientos para un BCA.....	26
Figura 18 Software InfoStat para cada una de las variables. Se utilizó una significancia del 5% para el análisis de los datos.	26
Figura 19 Modelo estadístico Lineal de un BCA-ANOVA.....	27
Figura 20 Limpieza y mantenimiento del área interna y externa del invernadero y preparación del espacio para el experimento.....	28

Figura 21 Sistema de fertirriego que retroalimenta a las estacas de goteo y dispositivos de nebulizadores del invernadero.	29
Figura 22. Sistema de nebulización presurizado para el manejo de altas temperaturas en el invernadero.....	29
Figura 23 Llenado de contenedores plásticos de polietileno de 15 litros con las diferentes combinaciones de sustratos.....	30
Figura 24 Actividades de trasplante, raleo y distribución al azar de repeticiones en bloques.....	31
Figura 25 Tutorado con rafia sujetado a una estructura de hierro.....	31
Figura 26 Soluciones jabonosas potásica para el control de mosquita blanca, pulgones y araña roja, aplicaciones con intervalos de 15 días.	32
Figura 27 Proceso de cosecha para recolección de datos para el rendimiento y destrucción de plantas para su análisis numérico.	33
Figura 28 Altura de la planta en pepino Poinsett cultivado en diferentes mezclas de composta universitaria. Al momento de la floración 54 DDT. Letras iguales dentro de columnas no son significativamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).....	35
Figura 29 Tasa de crecimiento por día observados con las diferentes combinaciones de sustratos.....	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información taxonómica del cultivo del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).	5
Cuadro 2. Ciclo fenológico del cultivo del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).	6
Cuadro 3. Rangos de temperaturas críticas para el cultivo del pepino (<i>C. sativus</i> L.).....	9
Cuadro 4. Comparación de medias de flores masculinas (M), femeninas (F) y relación de flores M/F, por efecto de la mezcla de sustratos.....	40
Cuadro 5. Comparación de medias para peso fresco y peso seco de planta, por efecto de la mezcla de sustratos.	42
Cuadro 6. Comparación de medias para características de raíz, por efecto de la mezcla de sustratos.....	44
Cuadro 7. Comparación de medias para características de fruto y rendimiento, por efecto de la mezcla de sustratos.	47

RESUMEN

Se cultivó pepino (*Cucumis sativus* L.) en ambiente protegido usando diferentes combinaciones de sustratos a base de composta universitaria y tezontle, empleando la fórmula nutricional universal Steiner (1984) en sistema hidropónico abierto, se adicionó a los contenedores Glumix® comercial que contiene hongos micorrízicos vesículo arbusculares (VAM), formulado con esporas de *Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*, en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en el poblado de Chamilpa, Municipio de Cuernavaca, entre el periodo de 01 de febrero 2022 al 10 de agosto del 2022, se usó la variedad del híbrido Poinsett, en un diseño experimental completo al azar, con seis repeticiones, se evaluaron 4 combinaciones de sustratos en diferentes proporciones distribuidas de la siguiente manera: 100% C. U; 50% C. U + 50% T; 30% C.U + 70% T y 100% T. Las variables estudiadas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico InfoStat. Las plantas se sembraron en contenedores plásticos de polietileno de 15 litros con los sustratos antes mencionados, con un sistema de riego y tutorado con rafia, se realizaron mediciones de altura de planta acompañado del análisis para la AUDPEC (Área bajo la curva de desarrollo) y la rAUDPC (Tasa de crecimiento), grosor de tallo, clorofila, flores masculinas y femeninas, rendimiento, diámetro ecuatorial y polar del fruto, peso fresco y seco del órgano aéreo y peso fresco, seco y volumen de la raíz. Las combinaciones de sustratos a base de composta universitaria al 100% + Glumix® + Steiner (1961) fue superior a los demás tratamientos, el híbrido alcanzó los mayores rangos para altura de la planta 184.08 cm, la AUDPEC con 2,516.39, la rAUDPC con 0.70, clorofila con 56.26 uni. SPAD, flores masculinas 4.79 uni, flores femeninas con 1.59 uni., de la relación monoica 3.01 uni, largo de la raíz con 47.75 cm, peso fresco de la planta 350 g, peso seco de la planta 56.83 g, rendimiento 10.75 kg, diámetro polar del fruto con 16.72 cm. En cambio, las combinaciones de sustratos a base de composta universitaria al 50% + tezontle al 50% + Glumix® + Steiner (1984) fue inferior a la combinación anterior, pero no menos importante, ya que arroja datos superiores a los demás tratamientos, alcanzó los mayores rangos solo para esta variable de: diámetro ecuatorial del fruto 44.64 cm. En el caso de

las combinaciones de sustratos a base de composta universitaria al 30% + 70% tezontle + Glumix® + Steiner (1984), fue inferior a las combinaciones anteriores, pero no menos importante ya que arroja datos superiores a los demás tratamientos, alcanzó los mayores rangos solo para esta variable de; volumen de la raíz con 69.17 ml, peso fresco de raíz con 77.10 g, peso seco de la raíz con 22.01 g, por lo que la mezcla 100% composta universitaria y la 50% C.U + 50% T pueden ser una opción viable para producir pepino en invernadero.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., sustrato a base de composta, cultivo protegido, solución nutritiva, micorrizas, crecimiento, rendimiento, raíz.

ABSTRACT

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) was grown in a protected environment using different combinations of substrates based on university compost and tezontle, using the universal nutritional formula Steiner (1984) in an open hydroponic system, adding commercial Glumix® containing mycorrhizal fungi to the containers. arbuscular vesicle (VAM), formulated with spores of *Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*, in the experimental field of the Faculty of Agricultural Sciences of the Autonomous University of the State of Morelos, in the town of Chamilpa, Municipality of Cuernavaca, between February 1, 2022 and August 10, 2022, the Poinset hybrid variety was used, in a complete randomized experimental design, with six repetitions, 4 combinations of substrates were evaluated in different proportions distributed as follows: 100% C.U; 50% C. U + 50% T; 30% C.U + 70% T and 100% T. The variables studied were subjected to an analysis of variance (ANOVA) using the InfoStat statistical package. The plants were sown in 15-liter polyethylene plastic containers with the aforementioned substrates, with an irrigation system and staking with raffia, plant height measurements were made accompanied by the analysis for the AUDPEC (Area under the development curve) and the rAUDPC (Growth Rate), stem thickness, chlorophyll, male and female flowers, yield, equatorial and polar diameter of the fruit, fresh and dry weight of the aerial organ and fresh, dry weight and volume of the root. The combinations of substrates based on 100% university compost + Glumix® + Steiner (1961) were superior to the other treatments, the hybrid reached the highest ranges for plant height 184.08 cm, the AUDPEC with 2,516.39, the rAUDPC with 0.70, chlorophyll with 56.26 uni. SPAD, male flowers 4.79 units, female flowers 1.59 units, from the monoecious ratio 3.01 units, root length 47.75 cm, fresh weight of the plant 350 g, dry weight of the plant 56.83 g, yield 10.75 kg, diameter pole of the fruit with 16.72 cm. On the other hand, the combinations of substrates based on university compost at 50% + tezontle at 50% + Glumix® + Steiner (1984) were inferior to the previous combination, but no less important, since it yields data superior to the other treatments, reached the highest ranges only for this variable of: equatorial diameter of the fruit 44.64 cm. In the case of the combinations of substrates based on university compost at 30% + 70% tezontle +

Glumix® + Steiner (1984), it was lower than the previous combinations, but no less important since it yields data superior to the other treatments, it reached the largest ranges only for this variable of; root volume with 69.17 ml, root fresh weight with 77.10 g, root dry weight with 22.01 g, so that the mixture of 100% university compost and 50% C.U + 50% T can be a viable option to produce cucumber in greenhouse.

Keywords: *Cucumis sativus* L., compost-based substrate, protected crop, nutrient solution, mycorrhizae, growth, yield, root.

1.INTRODUCCIÓN

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3,000 años. De la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. El primer híbrido apareció en 1872 (Axayacatl, 2017; Figueroa y Espinosa, 2020; INFOAGRO, 2021).

La producción del pepino en 2019 fue de 803 mil 706 toneladas. En México, casi 60% de la producción se concentró en tres entidades principalmente: Sinaloa, Sonora y Michoacán. Su mayor disponibilidad es entre los meses de enero o mayo. De las entidades que cosechan pepino, seis tienen condiciones para la cosecha a lo largo del año y Sinaloa sólo entre enero y mayo. A escala mundial, México es el sexto productor, la mayor cosecha permite un excedente para la exportación. De la producción nacional 72.3% tiene destino a otro país, principalmente estados unidos, país que adquiere la mayor cantidad (PFC, 2020).

La AMHPAC (2021), señala que México se posiciona en el sexto lugar mundial en cuanto a superficie de agricultura protegida; ha tenido auge en la tecnificación de sus campos, ya que en 15 años pasó de tener 132 a 50,900 hectáreas protegidas, principalmente en los Estados de Sinaloa, Jalisco y Michoacán, que juntos concentran el 50% de la superficie protegida nacional.

De esta forma, resulta necesario impulsar la implementación de la agricultura protegida a lo largo del territorio mexicano, ya que ha demostrado incrementar el rendimiento de producción, el valor en el campo y fomentar la exportación; además de atender satisfactoriamente las tendencias globales de consumo que exigen productos sustentables, frescos, saludables y ecológicos (AMHPAC, 2021).

Con este trabajo de investigación, se busca ampliar el catálogo para uso de sustratos en diferentes combinaciones, con otros materiales alternativos y de bajo costo, como medio

de cultivo al sistema tecnificado de la producción del pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero, aplicando cuatro tratamientos de diferentes proporciones, aditando micorrizas como compuestos de microorganismos y una solución nutritiva mineral especializada, en el territorio de Morelos, México.

Cuando nos referimos a un sustrato lo hacemos distinguiéndolo de la tierra o un medio sólido distinto del suelo natural. Esta palabra (sustrato), en el marco del cultivo profesional o aficionado, se refiere a fabricados a base de una o diferentes materias primas que se venden para un determinado cultivo o enmienda de un terreno ya existente. Este puede ser natural, de síntesis mineral, orgánico, etc., ya sea en forma pura o en mezcla, que le permita a una planta desarrollar en él su sistema radical y le sirve sobre todo para encontrar, los nutrientes necesarios para su vida. Ni siquiera es necesario que cumpla un papel de soporte para la planta ya que esta se puede mantener tutorada y guiada de forma distinta a su estado natural (Flores y plantas.net, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar cuatro combinaciones de sustratos, de fácil adquisición en el Estado de Morelos, para identificar el medio de desarrollo del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero con mejores resultados para su aplicación y uso.

2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar el cultivo de pepino híbrido Poisentt con nutrición mineral (Steiner 1984) bajo condiciones controladas (cubierta plástica) y con diferentes sustratos.
- Evaluar el cultivo de pepino híbrido Poisentt a la bioinoculación con hongos micorrízicos (*Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el efecto de los sustratos en diferentes proporciones en el desarrollo del sistema radicular, longitud de planta, número de flores y frutos y contenido de clorofila en la planta.

2.3. Hipótesis

La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus intraradices*) tienen un efecto positivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de pepino bajo condiciones de cubierta plástica, favoreciendo a un ambiente propicio que potencializa la captación y disponibilidad de nutrientes minerales aplicados durante las diferentes etapas de este cultivo.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. Pepino (*Cucumis sativus* L.)

3.1.1. Origen y generalidades del cultivo.

Casilimas *et al.* (2012) cita a una serie de autores y manifiesta que sitúan al pepino como originario de la India: sin embargo, su origen más probable se encuentra en el área de África tropical. También afirma que es utilizado como alimento hace más de 3,000 años. Fue conocido desde épocas muy antiguas por los egipcios, siendo introducido a China en el año 100 a.C. Posteriormente fue cultivado por griegos y romanos y llevado a Francia en el siglo IX. En Inglaterra era común en el siglo XIII siendo introducido después a Estados Unidos. Actualmente, se encuentra distribuido en gran parte del mundo. Refiriendo además que el pepino se emplea para consumo en fresco y ensaladas y algunas variedades se utilizan en encurtidos. En algunas regiones de Asia, como Indonesia, se utiliza de forma similar a las espinacas. De sus semillas puede extraerse hasta el 42% de un aceite comestible.

Cruz-Gómez (2015) cita a diferentes autores y afirma que entre las 52 especies de *Cucumis* spp., *C. sativus* tiene el valor más importante debido al potencial fisicoquímico y terapéutico. Para el sector de las hortalizas tiene una particular importancia por su contribución en la generación de empleo en el campo. También menciona que en México este cultivo es muy importante, ya que es el principal exportador mundial de esta hortaliza y es relevante también para el consumo nacional, además refiere que el pepino es muy consumido por su buena combinación en ensaladas. La producción agrícola del pepino se efectúa en diferentes modalidades como: en invernaderos, en malla sombra y orgánico, convirtiéndose este último en un producto con mayor demanda en los mercados internacionales. La mayor producción de pepino en invernadero y maya sombra se da en el estado de Baja California Sur, destacándose el pepino orgánico.

3.2. Taxonomía, morfología y fenología del cultivo.

3.2.1 Clasificación taxonómica.

El pepino es una planta herbácea, anual, de porte rastrero cubierta de pelos erizados y con zarcillos (Casilimas *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Información taxonómica del cultico del pepino (*Cucumis sativus* L.).

Información Taxonómica
Reino: -----Plantae.
División: -----Magnoliophyta.
Clase: -----Magnoliopsida.
Orden: -----Violales.
Familia: -----Cucurbitaceae.
Género: -----Cucumis.
Especie: -----Sativus L.
Nombre común: ----Pepino.

Fuente: Sandí-Mendoza (2016)

3.2.2. Morfología de la planta.

Casaca (2005) en su guía tecnológica de frutas y vegetales para el cultivo del pepino menciona que el sistema radical es muy potente, dada la gran productividad de esta planta y consta de raíz principal, que se ramifica rápidamente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino posee la facultad de emitir raíces adventicias por encima del cuello. Además, refiere que el tallo principal es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador. Hojas de largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino.

También afirma que el órgano de la flor es de corto pedúnculo y pétalos amarillos, estas aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero, donde testifica que el fruto es pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, la cual cambia desde un color verde claro, pasando a

verde oscuro, hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de la madures fisiológica.

Además, Casilimas *et al.* (2012) informan que las semillas son alargadas, ovales, aplanadas, de color amarillento y miden de 10 mm. Aunque el peso de la semilla es muy variable, como cifra media puede indicarse 30 - 40 semillas/g. La duración media de la capacidad germinativa de la semilla es de unos 5 años, generalmente para la siembra se prefiere semillas con 2-3 años de almacenamiento, ya que esto ha mostrado una tendencia a aumentar el número de flores femeninas.

3.2.3 Fenología del cultivo.

El ciclo del pepino es corto y muestras variaciones según la localidad en la que se siembre, lo cual se relaciona a las condiciones edafoclimáticas propias del cultivar, así como el manejo agronómico, del ciclo fenológico que se muestra en el cuadro 2 (Sandí-Mendoza, 2016).

Cuadro 2. Ciclo fenológico del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.).

Etapa fenológica	Días después de la siembra
Emergencia	4 – 5
Inicio de emisión de guías	15 – 24
Inicio de floración	27 – 34
Inicio de cosecha	43 – 50
Fin de cosecha	75 – 90

Fuente: Sandí-Mendoza (2016)

3.3. Plagas y enfermedades

3.3.1 Principales plagas del cultivo de pepino

Según (PROAIN, Tecnología agrícola, 2020) entre las principales plagas del cultivo de pepino se encuentran las siguientes:

Pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*), son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Causa tres formas de daños: por picaduras directas, contaminación con excrementos y como vectores de patógenos. Este inserta su estilete tipo aguja intracelularmente, para alimentarse del floema en el tejido vascular subyacente, produciendo daño directo por la retirada del fotosintato, siendo el fotosintato importante y necesario para el desarrollo de los frutos. Las altas cantidades de áfidos pueden causar caída de las hojas y defoliación general. También son vectores de patógenos, la mayoría son virus de los grupos *Potyvirus* y *Cocomovirus*.

Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bermisia tabaci*), estas colonizan los cultivos, son insectos polívoros subtropicales o tropicales. Las moscas blancas causan cuatro formas de daño: daños directos de alimentación, contaminación con excrementos (melaza), transmisores de virus en las plantas y desórdenes fisiológicos o aparentemente fitotóxicos. Las fuertes densidades de la mosca blanca causan caída de las hojas y una defoliación general. Ésta se alimenta en el envés de las hojas haciendo difícil el control químico mediante métodos convencionales de aplicación.

Minadores (*Liriomyza spp*), también advierte que las moscas minadores del género *Liriomyza* Mik, figuran entre los insectos más perjudiciales que atacan a las cucurbitáceas. Las altas poblaciones de larvas pueden causar deformaciones en las hojas y abscisión foliar prematura, dando lugar a escaldaduras solares de los frutos. La actividad minadora de las larvas y el punteado por las hembras adultas causan una reducción fotosintética. Los pinchazos matan a grupos localizados de células, causando depresiones cloróticas en la hoja (PROAIN, Tecnología agrícola, 2020).

Trips (*Frankliniella occidentalis*). Los daños directos son debidos a picaduras alimentarias de éste. La alimentación de los adultos y las larvas producen decoloración del tejido afectado, observándose placas inicialmente plateadas y más tarde marrones

de tamaño variable y contorno irregular pero bien definido. La presencia en estas manchas de pequeños puntos de color verde oscuro corresponde a depósitos de líquido fecal que permite distinguirlas de las causadas por ácaros. Cuando las picaduras se realizan en tejidos jóvenes u órganos en crecimiento provocan deformaciones o distorsiones y en los órganos florales originando el aborto, desecación y caída (Campelo-Rodríguez *et al.*, S/F).

Méndez-Pérez (2016) y Salvador (2015) refieren que el control biológico de trips requiere poblaciones numerosas de *Amblyseius swirskii*, pues el ácaro solo depreda en el primer estadio larvario y el porcentaje de lances fallidos es elevado, a no ser que los ácaros ataquen las larvas en grupo.

3.3.2 Principales enfermedades del pepino.

Virus mosaico del pepino (Pepino mosaic virus pep MV). Méndez (2016) afirma en su tesis que las hojas presentan moteados y tanto éstas como los frutos pueden mostrar deformaciones. Para prevenir esta enfermedad se debe eliminar la maleza y las plantas que muestren síntomas. Así también, controlar insectos chupadores y evitar tocar las plantas enfermas al momento del descole.

Mildiu lanoso (*Pseudoperonospora cubensis*) también refiere que el Mildiu lanoso es causado por el hongo *P. cubensis*. Es de las enfermedades foliares más importantes y las condiciones propicias para su desarrollo, es cuando la humedad se mantiene por periodos prolongados de tiempo. Los síntomas consisten en pequeñas manchas ligeramente cloróticas al inicio, que luego llegan a ser amarilla brillante en el haz de la hoja.

3.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

3.4.1 Suelo y pH

El pepino se puede cultivar en cualquier suelo, pero responde mejor en suelos arcillo-arenosos a francos bien drenados. Si el suelo no es el ideal, hay que proveer las condiciones adecuadas para prevenir el exceso de agua (encharcamiento) que en

cualquier cultivo es un gran problema. La planta de pepino no tolera la salinidad por lo cual el pH debe estar entre 5.5 y 6.8 (Arias, 2007).

3.4.2 Temperatura

Reyes (2012), citado por Méndez-Pérez (2016) señalan que las semillas requieren de una temperatura óptima de 20 a 25 °C durante el día y de 18 a 22 °C durante la noche, para su germinación. La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de las plantas oscila entre 18 y 30 °C a temperaturas menores de 14 °C cesa el crecimiento, helándose a -1°C.

Cuadro 3. Rangos de temperaturas críticas para el cultivo del pepino (*C. sativus* L.).

Etapa fenológica	Días después de la siembra		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	12	30	35
Desarrollo del cultivo en el día	20	-	25
Desarrollo del cultivo en la noche	18	-	22
Se detiene su desarrollo	10	-	12
Se hiel la planta	-	-1	-

Fuente: Sandí-Mendoza (2016)

3.4.3 Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente. Para humedades superiores al 90% y con atmosfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, puede originar enfermedades fúngicas (Té Góngora, 2008).

3.4.4 Luminosidad

El pepino es una planta exigente en luminosidad que pese a todo crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 h de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (Zamudio y Félix, 2014).

3.4.5 Fertilización

Se sugiere fertilizar con 100 kg de nitrógeno más 40 de fósforo por ha, aplicado en dos partes; la primera debe hacerse depositando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo una vez efectuado el arrale y antes de la borra, mientras que la segunda debe hacerse durante el crecimiento del fruto, depositando la otra mitad del nitrógeno (González, 1996).

3.4.6 Riego

Xavier (2013) señala que contrariamente a lo que pueda parecer, los pepinos no necesitan tanta agua. No obstante, se debe tener cuidado, porque un estrés hídrico prolongado provocará un amargor desagradable. Regar evitando mojar el follaje.

3.4.7 Polinización

Casaca (2005) refiere que se ha comprobado en investigaciones realizadas anteriormente, que no es posible lograr buenas producciones comerciales de frutos sin la presencia de insectos polinizadores. Entre los insectos, las abejas son los mejores agentes de polinización, ya que son especializadas en esta labor y normalmente se puede disponer de ellas, son fáciles de manejar y se pueden ubicar donde se desean. Con el objeto de cuajar las primeras flores del cultivo y no retrasar las cosechas, las abejas se deben introducir cuando aparecen las primeras flores. Se recomienda usar un mínimo de tres colmenas por manzana, bien pobladas, durante la floración.

3.4.8 Poda

La forma de poda más comúnmente usada en pepino bajo condiciones de invernadero consiste en eliminar por abajo de los 40 a 50 cm del tallo principal todos los brotes que salgan, al igual que las hojas y los frutos que se vayan formando. A partir de los 40 a 50

cm se eliminan todos los brotes laterales que aparecen en el tallo principal, dejando un fruto en cada axila, hasta que este alcance el alambre superior usado para el entreno de la planta. Una vez que una o dos hojas se han desarrollado por arriba del alambre, el punto terminal del tallo principal es eliminado, dejando crecer libremente en el extremo superior de la planta dos brazos laterales, eliminando la yema terminal cuando la planta está cerca del suelo (López *et al.*, 2011). Otros autores refieren que durante el desarrollo del cultivo se cortan las hojas viejas, amarillas o enfermas, para evitar la proliferación de enfermedades y estética de la planta (Zamudio y Félix, 2014).

3.4.9 Tutorado

Olalde *et al.* (2014) señalan que el pepino en ambiente protegido con espaldera, o tutorado, es el más recomendado. Su uso se traduce en una mejor disposición de las hojas para aprovechar la energía lumínica y una mayor ventilación (lo cual promueve una menor incidencia de plagas y enfermedades), se facilita la cosecha y permite el uso de mayores densidades de población para obtener altos rendimientos de frutos de mayor calidad. Además, refieren que la sujeción suele realizarse con hilo polipropileno (rafia) fijado de un extremo de la zona basal de la planta y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima del dosel vegetal.

3.4.10 Cosecha

Araiza y Sánchez (2003) refieren que al momento de cosecha se verifique, que hayan desaparecido las protuberancias en donde salen las espinas, así mismo se evite que los frutos se tornen amarillos en la planta.

3.5 Sustrato.

La tendencia actual en la investigación de sustratos para el crecimiento de plantas consiste en buscar nuevos materiales o mezclas en los que, además de proporcionar mejores condiciones de crecimiento, se considere la disminución del impacto ambiental, en aspectos como reducir el uso de fertilizantes y pesticidas, así como disminuir los costos (Cruz *et al.*, 2010).

3.5.1 Concepto de sustrato y ventajas de su uso.

Un sustrato es todo material sólido distinto al suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical de la planta, desarrollando el papel de soporte a las mismas; así como proveer agua y nutrimentos, permitiendo el intercambio gaseoso desde y hacia la raíz para su apropiado funcionamiento.

Las ventajas que tiene el uso de sustrato son: mayor capacidad de control de los factores de producción relacionados con el sistema radical de la planta, debido a la reducción del volumen explorado por las raíces y a las características propias de los materiales empleados como sustratos de cultivo. Otra ventaja que poseen a diferencia de los suelos, los sustratos pueden retener una gran parte de su contenido hídrico a bajas tensiones, por lo que tensiones muy pequeñas serán suficientes para eliminar un gran volumen de agua de los poros, que se irán enriqueciendo de aire (Villegas *et al.*, 2017).

3.5.2. Clasificación de sustratos

Villegas *et al.* (2017) alude que el sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de nutrición mineral de la planta, por lo que se pueden clasificar como químicamente activos (turbas, cortezas de pino, entre otros.) o inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, entre otros.); además, argumenta que existen otros criterios para clasificar los sustratos los cuales se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, entre otros. Sin embargo, la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos.

3.5.2.1 Materiales orgánicos

Villegas *et al.* (2017) refieren que, de acuerdo con su origen, los sustratos orgánicos pueden ser de tres tipos:

- Natural. Son materiales que están sujetos a descomposición biológica; por ejemplo, la turba y hojas de monte (de pino u otras plantas del bosque).

- Sintéticos. Normalmente denominados plásticos polímeros orgánicos no biodegradables, obtenidos mediante síntesis química como la espuma de poliuretano, poliestireno o de resinas fenólicas.
- Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo. Los materiales de este grupo requieren previa maduración o estabilización de su materia orgánica para poder ser adecuados como sustratos; por ejemplo, las cortezas de árboles, aserrín, viruta de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de plantas depuradoras de aguas negras, estiércoles, cascarilla de arroz, paja de cereales y polvo de coco.

3.5.2.2 Materiales inorgánicos

Se describen tres tipos: los de origen natural, los transformados o tratados industrialmente, y los residuos y subproductos industriales.

- De origen natural. Son materiales obtenidos a partir de rocas o minerales de origen diverso (ígnea, metamórfica o sedimentaria), no son biodegradables; por ejemplo, arena, grava, roca volcánica, zeolita y tezontle.
- Transformados o tratados industrialmente. Son materiales provenientes de rocas o minerales, que han sufrido un proceso químico o físico, con el objetivo de obtener fibras y gránulos ligeros muy porosos, tales como perlita, lana de roca, vermiculita y arcillas expandidas.
- Residuos y subproductos industriales. Son materiales provenientes de diversas actividades industriales, residuos de procesos de combustión, desechos de minería, escorias de los hornos y de carbón (Villegas *et al.*, 2017).

3.6 Producción del cultivo de pepino en México bajo condiciones de invernadero.

Diferentes investigadores refieren que, la principal ventaja que ofrecen los cultivos protegidos es la capacidad que confieren al usuario de modificar a conveniencia determinadas condiciones climáticas y contrarrestar los efectos negativos derivados del medio ambiente en forma de precipitación, vientos o plagas (Navarro, 2006).

El uso de invernaderos, túneles y acolchados con plástico son alternativas para lograr mayor productividad del agua, incrementar la producción de los cultivos, así como lograr mayores beneficios económicos. La plasticultura es una tecnología en la producción de cultivos que resulta en un incremento en cantidad y calidad de los productos agrícolas (CENID-RASPA, 2003).

La cubierta predominante en la agricultura protegida en México, con 47 % es la de plástico, 50 % de malla sombra, vidrio 2 % y 1 % de otro tipo de material. El tomate ocupa el 70 % del volumen producido en invernadero, el pepino 10 %, el pimiento 5 % y otros cultivos concentran un 15 %, bajo condiciones de invernadero. La producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas, constituyendo asimismo una alternativa a la diversificación de cultivos en invernadero (López *et al.*, 2011).

En el 2014 en México se sembraron 1,008 ha de pepino en invernadero, con rendimiento de 110.0 t ha⁻¹ como valor promedio de producción (López *et al.*, 2015).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en un invernadero situado en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en el Municipio de Cuernavaca, Morelos, México. Ubicado geográficamente a los 18°58'54, 71" N y 99°13' 59, 14" O, y altitud 1876 m, en el poblado de Chamilpa del Municipio de Cuernavaca (Figura 1). Los climas predominantes son los semicálido y semihúmedo A (C) w2, presentando un régimen de lluvias de 1,200 mm anuales en promedio y una temperatura media anual de 21.5 °C (García,1981; SEMARNAT, 2016).



Figura 1. Ubicación del experimento, invernadero del campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

4.2 Material vegetal

Se utilizó el híbrido de pepino Poinsett, de la marca Hortaflo® con las siguientes características: Planta herbácea, de hábito rastrero, provisto de zarcillos y muy ramificados. Las hojas son grandes, lobuladas, con vellosidades y bordes aserrados. El fruto es una baya carnosa, de forma alargada, pulpa blanca, corteza verde oscura brillante y espinas carnosas. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad, de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 5.5 y 7.0. Adaptación a 600-1700 msnm, temperatura de 18-28°C, prefiere suelos francos, a franco arenosos, ricos en materia orgánica. Semillas por grano 40, semillas

por hectárea 3 kg, días de germinación 8, días siembra cosecha 70, distancia de siembra 50 cm entre planta y 100 cm entre surco; rendimiento 50 ton. (Figura 2)



Figura 2. Semilla del híbrido Poinsett.

4.3 Bioinoculantes.

Se incorporó el siguiente microorganismo a los diferentes tratamientos establecidos:

Micorriza: Se aplicó un biofortificante inoculante granulado y mejorador de suelo concentrado que contienen al menos 30,000 esporas de hongos micorrícicos vesículo arbusculares (VAM) por kg de producto (*Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) de la marca comercial Glumix®. Las plántulas fueron inoculadas a los 15 días de su trasplante y posterior a esto, se realizó una segunda inoculación a los 7 días después de la primera aplicación, se aplicó directamente en los contenedores una dosis de 600 mL por planta respectivamente, en el sustrato, actuando con la invasión de raíces al momento que estas emiten exudados o compuestos químicos que, estimulan la germinación de las esporas donde hifas y el micelio de las micorrizas penetran en la raíz de la planta, a la vez esta, se extienden explorando un volumen de sustrato mucho mayor mejorando el crecimiento y desarrollo de la planta, absorbiendo la mayor cantidad de macros y micros nutrientes en el cultivo del pepino.

La dosis recomendada para el cultivo del pepino en la ficha técnica del producto va de los 20 a 30 kg/ha. (Figura 3)



Figura 3. Bio inoculante de la marca Glumix® Mejorador de suelo, Micorrizas VAN inoculante granulada.

4.4 Nutrición mineral

Las fórmulas comerciales que se usaron para este estudio fueron: Ultrasol® MKP (0-52-34) KH_4PO_4 fosfato monopotásico, YaraLiva® CALCINIT (15.5-0-0) calcio y nitrógeno, Sulmag® ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sulfato de magnesio ultrahidratado, Ultrasol® NKS 46 (12-0-46) $\text{KNO}_3(\text{K}_2\text{SO}_4)$ nitrato de potasio, SOP® solub 52 % $\text{K}_2\text{O}(+18\text{S})$ sulfato potásico, Se aplicó nutrición mineral en base a los siguientes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn. Es decir que la solución aplicada fue Steiner (1984) al 100 % como lo afirma (Pérez-Díaz, 2020), donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. Al verter esta formulación se debe a que se busca llevar a cabo una respuesta concreta de la nutrición, en los minerales disponibles para las plantas y de esta forma evaluar en completo la nutrición bio mineral, ante un puro mineral, así, se evaluaron los efectos que se puedan derivar de una fórmula nutricional a base de los micros y macros nutrientes, presentes en las soluciones nutritivas para el cultivo del pepino Poinsett. (Figura 4)



Figura 4. Presentación de los fertilizantes solubles comerciales que componen la formula universal Steiner (100%) proceso de pesaje y disolución.

4.5 Tratamientos

Se implementaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno de ellos. Los tratamientos que se establecieron tuvieron como base la nutrición mineral, sustratos y hongos arbusculares los cuáles se describen a continuación:

Tratamiento 1. Nutrición mineral (Steiner) + micorrizas (*Glomus geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) con la concentración recomendada + mezcla de sustratos (50 % composta + 50 % tezontle rojo).

Tratamiento 2. Nutrición mineral (Steiner) + micorrizas (*G. geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) con la concentración recomendada + mezcla de sustrato (30 % composta + 70 % tezontle rojo).

Tratamiento 3. Nutrición mineral (Steiner) + micorrizas (*G. geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) + sustrato tezontle rojo al 100 %.

Tratamiento 4. Nutrición mineral (Steiner) + micorrizas (*G. geosporum*, *G. fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. intraradices*) + sustrato Composta al 100 %.

4.6 Producción de plántula

Para esta actividad se utilizaron dos charolas de plástico negro de 100 cavidades, las cuales se llenaron con sustrato peat moos y agrolita. El sustrato se humedeció completamente, posteriormente se depositó en cada una de las charolas. La siembra se hizo colocando dos semillas por cavidad a una profundidad de 1 cm. Al concluir la siembra se aplicó un riego pesado utilizando un aspersor manual para evitar mover las semillas. Para el proceso de la germinación, el sustrato se mantuvo completamente húmedo con la finalidad de que el proceso se desarrolle correctamente. Posteriormente a la emergencia, las plántulas se regaron tres veces por semana dependiendo de las condiciones de humedad del sustrato y de las condiciones climáticas. (Figura 5)



Figura 5. Diferentes materiales para la germinación de semilla de la variedad Poinsett.

4.7 Establecimiento del experimento

4.7.1 Variables para evaluar

Altura de la planta: la altura de la planta se midió utilizando un flexómetro marca Truper® modelo FH (8 m) para medir el crecimiento. Dichas mediciones se llevaron a cabo los días: lunes, miércoles, viernes y domingo de cada semana. A partir de los 18 días después del trasplante (DDT) (Figura 6)



Figura 6. Toma de medidas de altura en diferentes estadios de la planta con un flexómetro.

Diámetro del tallo: se midió el diámetro del tallo con el uso de un vernier digital marca Truper® modelo CALDI-6MP, para medir cada una de las plantas a partir de los 20 DDT.



Figura 7. Medida de diámetro del tallo (mm) en los diferentes bloques.

Los días de medición fueron los mismos que se utilizaron para las medidas de altura de la planta, día de por medio. (Figura 7)

Número de flores: se contó el número de flores masculinas y flores femeninas de manera manual, por cada uno de los botones florales en las plantas del experimento y así poder obtener datos, para la relación monoica unisexual. Es importante señalar que esta actividad se realizó a partir de los 26 DDT en adelante día de por medio. (Figura 8)



Figura 8. Contabilización de flores masculinas y femeninas para establecer la relación monoica.

Contenido relativo de clorofila: Se utilizó la lectura ofrecida por el medidor de SPAD-502, se realizó el muestreo de dos folíolos por planta en cada tratamiento y posterior a esto se obtuvo la media, con los resultados obtenidos de cada uno respectivamente, este muestreo se realizó una vez por semana a partir de los 25 DDT. (Figura 9)



Figura 9. Toma de muestras con medidor SPAD para la concentración de clorofila en el órgano foliar.

Diámetro ecuatorial del fruto: se midió el diámetro ecuatorial del fruto con el uso de un vernier digital marca Truper®, modelo CALDI-6MP, en la cosecha a partir de los 61 DDT. Los datos son registrados en unidades numérica en milímetros. (Figura 10)



Figura 10. Toma de medidas del diámetro ecuatorial del fruto cosechado.

Longitud del fruto: se midió utilizando un flexómetro marca Truper® modelo FH (8 m). para registrar el largo de los frutos cosechados, medida conjunta de diámetro ecuatorial y el rendimiento. Los datos numéricos recolectados se obtienen en cm. (Figura 11)



Figura 11. Toma de medidas para el diámetro polar del fruto cosechado.

Rendimiento: se evaluó el rendimiento final de la producción en los cuatro tratamientos correspondientes (T1, T2, T3, T4) con el uso de una báscula digital, marca Scoup Pro® para posteriormente obtener el resultado preliminar del rendimiento en g y utilizar el software InfoStat para obtener la prueba de medias y se convertirán en unidades numéricas en kg. para el análisis estadístico. (Figura 12)



Figura 12. Pesado de frutos cosechados para el cálculo del rendimiento por planta.

Longitud de raíz: se midió utilizando un flexómetro marca Truper® modelo FH (8 m). para registrar el largo de las raíces en unidades numérica de cm, hay que tomar en cuenta la particularidad de la fisionomía de este tipo de raíz, la principal no alcanza un desarrollo que permita obtener un dato relevante, al contrario, se componen de raíces laterales y sus ramificaciones como lo manifiesta (Del Pino, 2016). que alcanzan hasta más de 5 m, siendo el dato que se registró para esta experimentación. (Figura 13)



Figura 13. Toma de medidas para el largo de la raíz.

Volumen de la raíz: se utilizó el principio de Arquímedes para la mecánica de fluidos, donde todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta una fuerza hacia arriba

equivalente al peso del volumen desalojado. Con la ayuda de una probeta graduada de 1000 mL marca BRAND® y agua, se sumergieron todas las muestras. Registrándose los datos numéricos en mL a partir de los 96 DDT actividad que forma parte de la destrucción de los ejemplares. (Figura 14)



Figura 14. Toma de muestra para el volumen de raíz con la aplicación del principio de Arquímedes.

Peso fresco y seco de la raíz: se usó una báscula digital, marca Scoup Pro® para posteriormente obtener el resultado preliminar en g y para el secado de estas muestras se utilizaron 4 hornos para deshidratar dejando por 72 horas a 45 °C, marca BLOSSA® modelo H-48 y LUZEREN® modelo DHG9070A de acero inoxidable. (Figura 15)



Figura 15. Peso del sistema radical de la planta en fresco y seco con 72 h de proceso de secado.

Peso fresco y seco de la planta: se usó una báscula digital estacionaria, de 100 kg marca ADVANCE modelo I-PCA, en el pesado de órgano aéreo registrando el dato en unidades de g. Para el peso seco se utilizó una báscula digital de 400 g marca Scoup Pro® para posteriormente obtener el resultado preliminar en g y para el secado de esta se utilizó 4 hornos para deshidratar dejando por 72 h a 70 °C, marca BIOSSA® modelo H-48 y LUZEREN® modelo DHG9070A de acero inoxidable. (Figura 16)



Figura 16. Peso de órgano aéreo, proceso de secado en horno con 72 h y peso del órgano seco.

4.7.2 Diseño experimental

Se usó un diseño experimental bloques completos al azar, con 4 tratamientos y 24 repeticiones por tratamiento, para construir 4 bloques al azar con 6 repeticiones de cada tratamiento. (Figura 17)

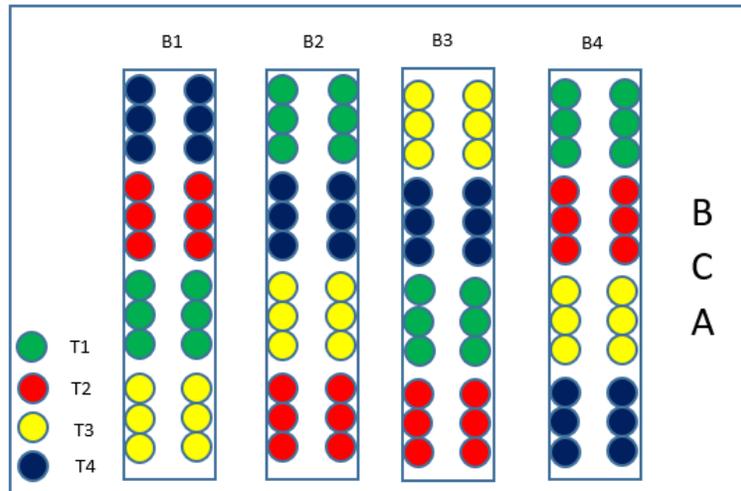


Figura 17. Plano de la parcela experimental en la distribución de sus tratamientos para un BCA.

4.8. Análisis de datos

Con los datos obtenidos en las variables programadas se estudiaron con un análisis de varianza (PROC ANOVA, $P \leq 0.05$), para lo cual se corrió una prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) con el paquete estadístico InfoStat. (Figura 18)



Figura 18. Software InfoStat para cada una de las variables. Se utilizó una significancia del 5% para el análisis de los datos.

4.8.1 Prueba estadística utilizada

El análisis de las variables se realizó mediante el Modelo estadístico lineal de bloques completos al azar (BCA) ANOVA, tiene la finalidad de comparar los efectos de tratamientos y de bloques o repeticiones. Para ese fin. se propone probar el juego de hipótesis siguiente: (Figura 19)

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, b \\ j = 1, 2, \dots, t \end{cases}$$

Donde: Y_{ij} = Respuesta obtenida en el j -ésimo tratamiento del i -ésimo bloque. μ = Media general del experimento. β_i = Efecto atribuido al i -ésimo bloque. τ_j = Efecto atribuido al j -ésimo tratamiento. ε_{ij} = Efecto del error aleatorio.

Figura 19. Modelo estadístico Lineal de un BCA-ANOVA.

4.9. Manejo agronómico del cultivo

4.9.1 Preparación del invernadero

4.9.1.1 Limpieza

Se garantizó el mantenimiento del invernadero en cuanto a limpieza, se retiró el exceso de malezas dentro y fuera de la estructura, se reubicaron en el mismo espacio de el invernadero los antiguos contenedores plásticos, del lugar donde se montó el diseño experimental, se niveló el camellón de porte bajo con tezontle, y posteriormente se cubrió con una lámina plástica que separé la superficie del contenedor, con el propósito de aislar y ayudar a la fluidez del agua que escurra del sustrato en la valoración y que no haya encharcamiento, también evitar el crecimiento de la maleza. (Figura 20)



Figura 20. Limpieza y mantenimiento del área interna y externa del invernadero y preparación del espacio para el experimento.

4.9.1.2 Sistema de fertirrigación

Para el sistema de fertirrigación, el invernadero que se utilizó ya cuenta con equipos, una bomba de medio caballo de fuerza, un tinaco de 1,100 litros de la marca ROTOPLAS, un temporizador de la marca STEREN, un termómetro digital de servicio pesado modelo 15142, equipo hidroneumático de la marca ZQUA PAK modelo STEP60-07-3/1115. Cuenta también con la instalación de los accesorios de distribución como tubería poliducto de 16" distribuidos en todos los camellones sobre los contenedores plásticos llenos de sustratos, en diferentes combinaciones proporcionales, cuenta con una sub-distribución de modo araña de tubín conectando a cada contenedor con una estaca de goteo, que proviene de la bomba que impulsa la solución nutritiva, almacenada en el tinaco ubicado en el interior del invernadero. Con intervalos de 3 min 3 veces por día. (Figura 21)



Figura 21. Sistema de fertirriego que retroalimenta a las estacas de goteo y dispositivos de nebulizadores del invernadero.

4.9.1.3 Sistema de nebulización

Para regular las altas temperatura y la humedad relativa en el interior del invernadero cuenta también, con un sistema de distribución de agua aérea para alimentar a las boquillas de nebulización manejadas por el temporizador de la marca STEREN automático y un equipo hidroneumático de la marca AQUA PAK modelo STEP60-07-3/1115. (Figura 22)



Figura 22. Sistema de nebulización presurizado para el manejo de altas temperaturas en el invernadero

4.9.1.4 Llenado de contenedores

Se adquirieron dos kilos de bolsas de polietileno de 15 litros, luego con la ayuda de un sacabocado se perforaron de manera que fueran los suficientes orificios, para el escurrimiento líquido en la base del contenedor, conteniendo el material de los diferentes sustratos que se nos proporcionó de composta y tezontle, para el caso de la composta donada de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) UAEM, la que se le

conoce como composta universitaria y el tezontle que se adquirió en la casa de materiales. Se llenaron los contenedores de manera paulatina según la combinación propuesta en la metodología. 24 contenedores para cada tratamiento, para un total de 104 contenedores para construir 4 bloques distribuidos en un diseño completo al azar. (Figura 23)



Figura 23. Llenado de contenedores plasticos de polietileno de 15 L con las diferentes combinaciones de sustratos.

4.9.1.5 Trasplante, distribución al azar y raleo

Una vez diseñados los bloques experimentales con los contenedores plásticos que ocupan las diferentes combinaciones de sustratos, y garantizando que el sistema de riego estaba funcionando donde todas sus estacas de goteo inyectarán el agua y la solución nutritiva, se procedió al trasplante de las plántulas. Se aplicó un primer riego moderado para evitar el estrés de la plántula, posteriormente se sometió a un sorteo cada bloque en una tómbola para garantizar su distribución al azar y obtener las repeticiones para los 4 bloques. Pasado los primeros 37 DDT se practicó un raleo de las plántulas, cada cepellón tenía dos plántulas, con la ayuda de una tijera se cortó una plántula y se dejó la más vigorosa. (Figura 24)



Figura 24. Actividades de trasplante, raleo y distribución al azar de repeticiones en bloques

4.9.1.6 Tutoreo

A partir de las 2 semanas y media DDT se inició a tutorar las plantas a medida que fueron creciendo. El invernadero cuenta con una estructura metálica colocadas por encima de los contenedores y con la ayuda de una rafia se sujetó del tallo de la planta haciendo una sogá holgada y asegurándolo con un nudo ciego, y posteriormente amarrarlo de la parte de arriba en la estructura. De manera que al inicio de cada semana se ajustaron las rafias a la planta y sus zarcillos para asegurar, un buen sostén y desarrollo. Zamora (2017) recomienda que es importante que las plantas crezcan en un sistema de tutorado tan pronto como sea posible, cada una debe de ser tutorada verticalmente utilizando una rafia con clips plásticos. (Figura 25)



Figura 25. Tutorado con rafia sujetado a una estructura de hierro.

4.9.1.7 Control de plagas y enfermedades

Para el manejo de las plagas y enfermedades que se presentaron en el proceso de desarrollo del cultivo, tomando en cuenta que las instalaciones que se utilizaron no se usan agroquímicos para la prevención y control de las mismas, se cuenta con especificaciones técnicas en prevención del pulgón y mosca blanca, en este caso se utilizó jabón potásico en proporciones de 2 g de jabón en polvo marca ROMA por litro de agua y jabón líquido marca MAS COLOR negro a razón de 2 mL por litro de agua, revolviendo los dos ingredientes y haciendo una sola solución, dejando reposar 24 h para luego con la ayuda de una bomba manual marca Truper de 2 L se asperjó en el follaje de la planta. En el caso de la presencia de hongo como la cenicilla (*Leveillula taurica*) en las hojas no se presentó tan severamente, las pocas hojas infectadas se usó una bolsa plástica se metió en el interior y se cortaron para retirarse del invernadero. (Figura 26)



Figura 26. Soluciones jabonosas potásica para el control de mosquita blanca, pulgones y araña roja, aplicaciones con intervalos de 15 días.

4.9.1.8 Cosecha y destrucción de las plantas.

El parámetro que determinó para que el fruto ya pudiera ser cosechado son sus espinas, siendo una característica del cultivar que se usó en esta experimento, cuando se pasa el dedo con mucho cuidado sin aplicar fuerza, se desprenden las espinas blancas, es el momento para retirar el fruto de la planta. Hay que tener mucho cuidado que no se torne de color verde a amarillo, ya que eso indica que se está pasando el momento de cosecha. Con la ayuda de una tijera se retiraron todos los frutos que cumplieron con esas características, cada uno se marcó con iniciales que indicaron su procedencia del

contenedor que se cosechó, por ejemplo: Bloque 2 – Tratamiento 1- Bolsa o repetición 5 (B2 – T1 – B 5).

Después del tercer corte se procedió a destruir las plantas, las repeticiones constaron de 6 contenedores, de estos se eligieron al azar 4 planta para su destrucción y obtener datos como peso fresco y seco de planta y volumen, largo peso fresco y seco de la raíz. (Figura 27)



Figura 27. Proceso de cosecha para obtención de datos de rendimiento y destrucción de plantas para determinación de peso.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de los resultados de las variables mostró efecto significativo ($\alpha = 0.05$) de los tratamientos para contenido de clorofila. En tanto que el efecto fue altamente significativo ($\alpha = 0.01$) para la mayoría de las variables: altura de planta, tasa de crecimiento, flores masculinas, flores femeninas, relación flores masculinas/flores femeninas, longitud de raíz, peso fresco de planta, peso seco de planta, rendimiento y diámetro ecuatorial de fruto. En contraste, los tratamientos de sustratos no tuvieron efecto significativo para volumen, peso fresco y peso seco de raíz, así como para diámetro polar de fruto (Anexo 1 y 2). Con base en lo anterior, a continuación, se presentan los resultados de la comparación de medias.

5.1 Altura de planta

Con respecto a la altura de planta a los 54 DDT (Días después del trasplante), se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvieron mayor altura con 184.08 cm, seguidas por las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 172.42 cm, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 141.35 cm y las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) fueron las de menor altura con 44.88 cm. La altura de las plantas del T4 y T1 no difieren significativamente, pueden llegar a desarrollar la misma altura y superan estadísticamente a los otros dos tratamientos. A diferencia de estos anteriores de los T2 y T3 si tuvieron diferencias significativas. Aunque numéricamente todos los tratamientos son diferentes, el mayor crecimiento lo conservan las plantas del T4 y T1 (Figura 28). Fue evidente la importancia que tuvo la composta para el crecimiento en altura, ya que al estar ausente (tezontle 100 %) generó 75.6 % menos altura que cuando se usó al 100 %, aunque se haya adicionado el complejo de Glomus.

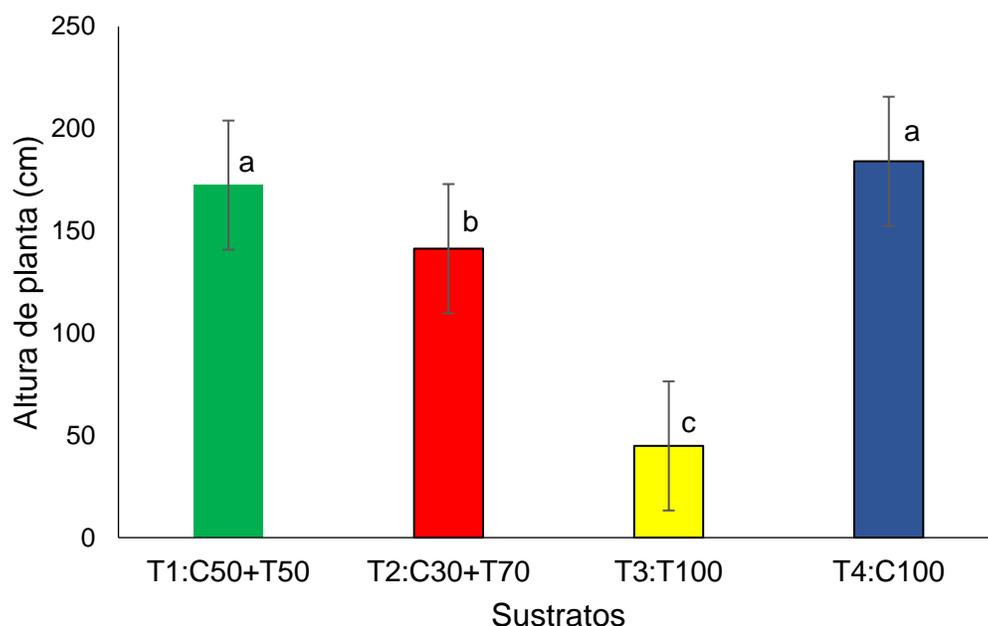


Figura 28. Altura de la planta en pepino Poinsett cultivado en diferentes mezclas de composta universitaria. Al momento de la floración 54 DDT. Letras iguales dentro de columnas no son significativamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

La altura de planta está determinada por la longitud del tallo, el cual depende del número y longitud de entrenudos (Gutiérrez-Rodríguez *et al*, 2020).

La inoculación con un complejo de *Glomus*, favoreció el crecimiento debido a que facilitan la asimilación de N, P y K. Por otro lado, en cuanto a las micorrizas arbusculares, Vázquez-Santiago *et al.* (2014), Terry-Alfonso y Leyva-Galán (2006), Chandanie *et al.* (2009); Saldajeno y Hyakumachi (2011) coinciden en que la función de los microorganismos incide en la altura de la planta, al igual que los resultados encontrados en la presente investigación en pepino referente a la respuesta de fertilización biológica. La función que llevan a cabo los microorganismos es relevante para inducir el crecimiento de las plantas ya que son altamente eficiente en la asimilación de fosforo, nitrógenos y otros nutrientes.

Vázquez-Santiago (2016) aseguran que: obtuvieron los mejores resultados para altura de planta con el uso peat moss y perlita, nutrida con solución nutritiva Steiner 100% y con la inoculación *Glomus intraradices* y *Azospirillum ssp*, a los 45 días alcanzando alturas

de hasta 43.83 cm., resultados que se encuentra por debajo de los tres tratamientos aplicados en la investigación fueron más sobresalientes con el cultivar Poinsett, tomando en cuenta los 9 días de diferencia de ambos experimentos. Por otro lado, Sandi- Mendoza menciona que Gül *et al.* (2007) evaluó los cultivares Arnada y Gordion usando una fuente de nutrientes inorgánicas con cuatro mezclas de sustratos a base de perlita + clinoptilolita en otoño y obtuvo una altura de hasta de 283 cm bajo el régimen nutricional Steiner, mucho mayor que la altura registrada para el tratamiento Composta universitaria 100%. En cambio, Sandi-Mendoza (2016) al comparar dos soluciones nutritivas, una de ellas siendo la misma de nuestro experimento (solución universal Steiner) en un sistema de irrigación hidropónico abierto, usando contenedores plásticos con sustrato con fibra de coco en tres cultivares Monalisa con 270.03 cm, Modán RZ con 287.92 cm y Tropicuke con 285.53 cm con medidas superiores a nuestro tratamiento sobresaliente. Sin embargo, Meneses-Fernández y Quezada-Roldan (2018) en su investigación al observar el comportamiento del crecimiento a los 25 DDT logró alcanzar alturas en los tratamientos sobresalientes utilizando fibra de coco 40 % + fibra de palma al 40 % + abono 20 % reportando 105 cm y Fibra de coco 70 % + Abono orgánico 30 % reportando 110 cm en los 25 DDT los mejores en desempeño, en condiciones protegidas y el uso de fertilización mineral, usando Pepino holandés de la variedad fuerte. Al contrario de esta investigación el comportamiento del crecimiento fue a los 54 DDT las combinaciones fueron similar al T2 (Composta universitaria 30 % + 70 % Tezontle) y el T1 (Composta universitaria 50 % y Tezontle 50 %) sobrepasando las medidas comparadas.

5.2 rAUDPC (Tasa de crecimiento)

Con respecto a la tasa de crecimiento de la planta, se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo el mayor crecimiento por día con 0.70 mm, seguidas de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 0.58 mm, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 0.42 mm y las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) fueron las de menor crecimiento con 0.15 mm; estadísticamente se tuvieron diferencias significativas entre los 4 tratamientos (Figura 29).

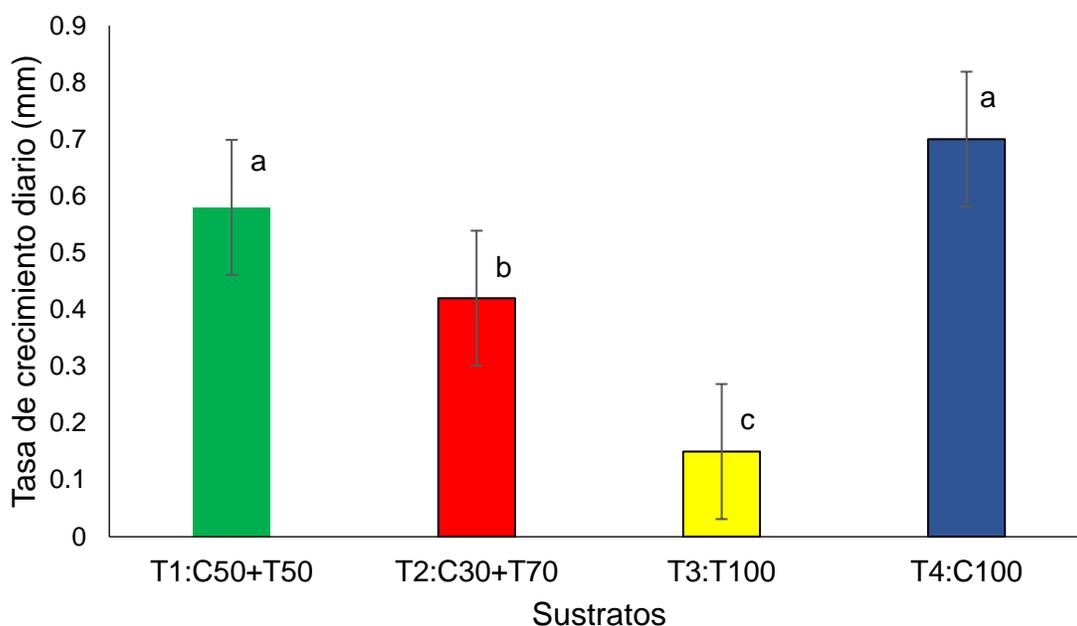


Figura 29. Tasa de crecimiento por día observados con las diferentes combinaciones de sustratos. Al momento de la floración 54 DDT. Letras iguales dentro de columnas no son significativamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

La altura de planta analizada por medio de la técnica de regresión lineal simple permite tener un aproximado de las tasas de crecimiento, medidas por el valor de la pendiente de la regresión β_1 ; entre más alto el valor más rápido fue su crecimiento. Los tratamientos a base de composta universitaria más *Glomus* spp., presentan las pendientes más altas, en comparación del tratamiento testigo (Figura 28). Los resultados de este estudio revelan que las plantas de pepino cultivados en sustrato a base de composta universitaria e inoculada con hongos micorrízicos arbusculares HMA (*Glomus* spp.) presentan las plantas más altas, las tasas de crecimiento y valores de la pendiente β_1 ; más elevadas, en comparación del testigo absoluto. La micorrización tiene efectos positivos en el crecimiento y la nutrición de las plantas en especial en suelos deficientes en fósforo (Tedersoo *et al.* (2020) y Pérez *et al.* (2021)). El rápido crecimiento de las plantas de pepino se puede atribuir al rico contenido de minerales y la carga de organismos benéficos de composta ayuda a la preservación del ambiente. La interacción de las plantas de pepino-HMA permite el desarrollo de estrategias para la obtención de nutrientes del suelo y crean una vía de absorción de nutrientes a través de los pelos de

las raíces (Comby *et al.*, 2017). El efecto positivo de las micorrizas sobre la absorción de nutrientes se manifestó en una velocidad de crecimiento más rápido de las plantas de pepino cultivar Poinsett (López *et al.*, 2022). El crecimiento más limitado observado en el tratamiento testigo a base de tezontle se puede atribuir a la baja retención de la humedad del sustrato, comportamientos semejantes se observaron en evaluaciones de sustratos para desarrollo de lechuga (Gutiérrez *et al.*, 2011).

5.3 Contenido relativo de clorofila (SPAC)

Se obtuvieron resultados muy notorios a los 54 DDT referente al muestreo clorofílico de las hojas con la ayuda del medidor SPAD; se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo la mayor cantidad de clorofila con 56.26 SPAC, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 49.74 SPAC, continuando con una diferencia mínima las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 49.66 SPAC, finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 48.32 SPAC.; las plantas de T4 es el tratamiento que supera al resto de las combinaciones de sustratos debido al desarrollo de sus hojas, que permite alcanzar mayores niveles de recepción de luz y procesar más energía, y supera estadísticamente a los subsiguientes tratamientos, a diferencia del anterior, las plantas de T1 y T2 son significativamente iguales y similares numéricamente y las de T3 es estadísticamente diferentes de los anteriores. Aunque numéricamente todos los tratamientos son diferentes pero el mayor rendimiento lo conservan las plantas T4 (LSD α 0.05).

Por lo tanto, las plantas de T4 y T1 presentaron una mejor síntesis de nitrógeno y con la pigmentación más definida de su color (verde) (Figura 30).

Al alcanzar los mejores datos numéricos con el sensor SPAD las plantas de T4 presenta datos importantes en la planta aumentándose y estabilizándose los valores a finales del ciclo, pero hay que tomar en cuenta que los datos numéricos de las plantas T1 y T2 presentaron una diferencia estadística, no menos importante. Huesa-Amat (2018) en su experimento en el que validó tres cultivares: Strategos, Pradera y Mitre, frente al tiempo transcurrido en el desarrollo del cultivo fueron crecientes con tendencias similares entre tratamientos. Finalmente mostró que, en el 64 DDT Strategos y Pradera no presentaron diferencias importantes entre ellas, pero sí lo hicieron con la variedad Mitre que acabó

alcanzando una cantidad de clorofila superior a las anteriores, en torno a 57 unidades SPAD frente a las 50 unidades SPAD de las variedades Strategos y Pradera. Datos que coinciden con los encontrados con el tratamiento Composta universitaria 100% + Glumix®.

El análisis de la varianza mostro efecto no significativo ($p=0.05$) de los tratamientos para el contenido relativo de clorofila, en tanto que el efecto fue significativo para las plantas T4 y T1, de igual modo se mostraron sin efecto de tratamientos.

5.4 Floración

5.4.1 Flores masculinas

Se obtuvieron resultados muy notorios a los 60 DDT referente al muestreo del número de flores masculinas, se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo la mayor cantidad de flores con 4.79, por planta, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 3.86, continuando con una diferencia mínima las cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 3.12, finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 1.50; estadísticamente se tuvieron diferencias significativas entre los 4 tratamientos, presentando la mayor floración las plantas de T4, superando estadísticamente a todos los tratamientos y numéricamente también son diferentes (Cuadro 4).

En cuanto a las plantas de T2 y T1 presentan una cantidad de flores femeninas con diferencias estadísticas, pero importante, aunque sus diferencias no son profundas entre todos los tratamientos, cabe resaltar que está estrechamente relacionado a la cantidad que garantizará el polen para lograr el cuajado de fruto.

Casilimas *et al.* (2012) sostiene que; todas las yemas florales son potencialmente bisexuales y con el tiempo cada una se definirá en función de su genotipo, la posición del botón a lo largo del eje principal y las influencias hormonales y ambientales. Afirman que, en condiciones normales, los botones de los nudos inferiores originan flores masculinas, quiere decir, que la planta empieza siendo masculina, pasa a continuación por un estado intermedio y termina siendo femenina.

Cuadro 4. Comparación de medias de flores masculinas (M), femeninas (F) y relación de flores M/F, por efecto de la mezcla de sustratos.

Mezcla de sustrato (%)	Flores masculinas (Núm.)	Flores femeninas (Núm.)	Relación flores M/F (Núm.)
T1: C50+T50	3.86 b	1.34 a	5.20 b
T2: C30+T70	3.13 b	1.35 a	4.47 b
T3: T100	1.50 c	0.88 b	2.37 c
T4: C100	4.80 a	1.59 a	6.38 a
DMS ($\alpha = 0.05$)	0.7379	0.2996	0.8480

Letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

5.4.2 Flores femeninas

Se obtuvieron resultados muy sobresalientes a los 60 DDT referente al muestreo del número de flores femeninas, se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo la mayor cantidad de flores con 1.59, por planta, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) y las cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 1.34 respectivamente, finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 0.87. Por lo tanto, las plantas de T4, observamos la mayor unidad de flores que estadísticamente es diferente y sobresaliente a los demás tratamientos, en cuanto a las plantas de T2 y T1 presentan una cantidad de flores femeninas importante pero significativamente iguales y sus diferencias no son profundas entre todos los tratamientos, cabe resaltar que está estrechamente relacionado a la cantidad de fruto que se desarrolló o cuajó en la planta en su fase productiva (Cuadro 4).

Según Della Gaspera y Portela (2021) y Zaccari (2003) menciona en un trabajo de investigación bibliográfica en una variedad de la familia de las cucurbitáceas en el cultivo del fruto de zapallo (*Cucurbita ssp.*) acerca de los factores que influyen en la floración, cabe mencionar que, en el inicio de ésta, los primordios femeninos llegan a la antesis con diferencias de dos a tres días, pero a medida que la planta crece puede abrirse varias flores en el mismo día hasta lograr el establecimiento de varios frutos. Una vez que se fija uno o dos frutos en una guía, difícilmente se establece otro hasta que él o los

precedentes hayan logrado el tamaño de madurez de consumo. Lo más común es que las flores subsiguientes aborten o que sea del sexo opuesto. En cuanto a las flores femeninas se da en picos, en los cuales disminuye la cantidad de flores femeninas en la medida que se avanza el ciclo de desarrollo de la planta.

Della Gaspera y Portela (2021) concluyen que después de 15 o 20 días desde el inicio de la floración femenina, se produce el primer pico con relaciones de 1:7 a 1:10 de flores femeninas/masculinas. Una vez que las plantas completan el llenado de los primeros frutos cuajados, se produce un nuevo pico de floración con relaciones que oscilan entre 1:3 y 1:7 de flores femeninas y masculinas. En nuestro experimento de la composta universitaria se obtuvieron datos que están dentro de este rango que van entre los 1.59:4.79 de flores femeninas y masculinas.

5.4.3 Relación unisexual monoica

En cuanto a la relación unisexual monoica se obtuvieron resultados muy notorios a los 60 DDT, referente a la relación de flores femeninas con flores masculinas; se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo la mayor cantidad de flores con 6.38, por planta, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 5.20 y las cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 4.47, finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 2.37; las plantas del T4 es el tratamiento que supera al resto de las combinaciones de sustratos con la aparición de mayor cantidad de flores, que permite alcanzar mayores niveles de cuajado de fruto, polinización, autopolinización, y supera estadísticamente a los subsiguientes tratamientos, a diferencia del anterior, las plantas del T1 y T2 son significativamente iguales y las plantas de T3 es estadísticamente diferentes de los anteriores. Aunque numéricamente todos los tratamientos son diferentes pero el mayor rendimiento lo conserva las plantas de T4 (Cuadro 4).

Santiago-Vásquez (2016) presenta datos diferentes a la floración general que los arrojados en esta investigación, con los evaluándolos a los 45 DDS en pepino con el híbrido Centauro con inoculación de *Glomus intraradices* en condiciones protegidas presento 7.67 unidades de flores. Por otro lado, Díaz – Gallegos, F. (2016) plantea que en la reproducción de calabazas para la obtención de fruto y semilla de calidad se aplicaron 3 tratamientos para identificar el mejor abono orgánico y fitohormonas para el

incremento de producción en calabaza (*Cucurbita moschata*), de los tratamientos trabajados en esta investigación se observó que se tiene una mayor cantidad de flores es el caso de la vermicomposta, se alcanzaron obtener hasta 14.7 unidades de flores promedio por planta, datos que están muy por encima de los obtenidos en nuestro experimento.

5.5 Peso fresco de la planta

Se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvieron el mayor peso con 350 g, tuvo diferencias significativas con los otros tres tratamientos, pero no así, entre las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 265.42 g y las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 245.83 g que estadísticamente fueron iguales y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 69.58 g; que presentó diferencias significativas con todos los anteriores (Cuadro 5).

Sandi-Mendoza (2016) al analizar en su investigación, el factor solución nutritiva con dos niveles de concentración en base a la solución nutritiva universal Steiner, por separado, para la variable peso fresco de follaje, que se recopila la información para la parte aérea de la planta y el sistema radicular se observó que para los cultivares Monalisa y Modán RZ sobresalientes se obtuvieron hasta 342.60 g a 361.97 g. los resultados obtenidos por Sandi-Mendoza, fueron muy similares a los encontrados en este experimento sobre todo las plantas cultivadas al T4, T1 y T2.

Cuadro 5. Comparación de medias para peso fresco y peso seco de planta, por efecto de la mezcla de sustratos.

Mezcla de sustrato (%)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
T1: C50+T50	265.42 b	41.31 b
T2: C30+T70	245.83 b	38.01 b
T3: T100	69.58 c	11.54 c
T4: C100	350.83 a	56.83 a
DMS ($\alpha = 0.05$)	45.4000	5.0119

Letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

5.6 Peso seco de la planta

Se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo el mayor peso con 56.83 g, fue estadísticamente el mejor de los cuatro, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 41.31 g, las cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 38.01 g estos dos tratamientos no presentan diferencias significativas entre ellos y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 11.54 g; de la misma manera como en las anteriores ocasiones las plantas de T3 es diferente de todos los demás tratamientos (Cuadro 5).

Sandi – Mendoza (2016) menciona a Ward (1967) en un estudio sobre nutrición de pepino de invernadero con el híbrido Burpee cultivado en un suelo de fertilidad relativamente alta, acumuló un peso seco total a de 148.10 g correspondiente a toda la parte aérea incluyendo raíz en un ciclo de 6 meses de duración. Por otro lado, Sánchez del Castillo *et al.* (2014) reportan un peso seco por planta de 68.5 g y 66.3 g con un sistema de recirculación de la solución nutritiva en bolsas y camas con arena de tezontle como sustrato y 79.6 g y 63,2 g en un sistema sin recirculación de la solución nutritiva en las bolsas y camas con el mismo sustrato para el híbrido Alcázar (Vitalis organic sedes), tales pesos fueron obtenidos a los 55 DDT manejadas con la propuesta por Sánchez del Castillo y Escalante (1988). Pero, Barraza (2012), realizó estudios sobre la acumulación de materia seca utilizando el híbrido Saber (Vitalis organic sedes) cultivado en invernadero con tezontle rojo bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva Universal de Steiner (1961), reportó valores de materia seca acumulada de 67.32 g, 94.83 g, 95.38 g, y 113.31 g por planta a los 60 DDT.

Sánchez del Castillo *et al.* (2014). Menciona que en su experimento con el comportamiento de los indicadores de crecimiento como es el caso de del sistema hidropónico en bolsa sin recirculación con sustrato de tezontle con la solución nutritiva Sánchez del Castillo y Escalante (1988) se alcanzó hasta 79.6 g de peso seco por planta a los 55 DDT.

5.7 Longitud de la raíz

Se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) tuvo mayor crecimiento en la longitud de la raíz con 47.75 cm, seguido de las cultivadas con este

componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 40.23 cm, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 37.86 cm y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 29.92 cm; estadísticamente las plantas de T4 son diferente de las demás plantas alcanzando la mayor medida del largo de la raíz, en cuanto a las plantas de los componentes T1 y T2 son diferentes del primero pero iguales entre sí, y para las plantas de T3 presenta una diferencia marcada de todos los anteriores, cabe señalar que numéricamente todas las plantas son diferentes (Cuadro 6).

Kacjan-Marsic y Jakse (2010) en su investigación experimentó la idoneidad de dos sustratos sin suelo y en plantas de pepinos injertados y no injertados cultivado bajo invernadero, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para longitud de raíz (media de 38.9 cm). Resaltó que las plantas injertadas presentaron un sistema radicular más largo que las no injertadas medias proporcionadas en el experimento fue de 42.3 cm y/o 35.6 cm. En comparación con los tratamientos implementados en la presente investigación, las plantas con el componente (T4) se obtuvo un sistema radicular más largo, logrando alcanzar hasta 47.75 cm., esto incluye a las plantas con los tratamientos T1 y T2 ya que ellos también superaron las medidas del experimento anterior.

Por otro lado Moreno-Pérez *et al.* (2011) evidencia que, en condiciones con menores limitaciones de espacio, el crecimiento de la raíz aumentó, en su experimento a los 23 días después de la siembra (DDS) en pepino, comparando medias entre condiciones de crecimiento (CC4) (Contenedor de 700 ml y 100 plántulas m⁻², y sometidas a un tratamiento de fertilización (TF4) (Solución nutritiva con 230 mg L⁻¹ de N, 52 mg L⁻¹ de P y 240 mg L⁻¹ de K diluida los primeros 8 a 12 DDS al 25% de su concentración, los siguientes cinco días 50 % de su concentración y los siguientes cinco días 75%) alcanzo medidas de hasta 46 cm en condiciones de crecimiento y alcanzando 12.65 cm con el mejor tratamiento de fertilización.

Cuadro 6. Comparación de medias para características de raíz, por efecto de la mezcla de sustratos.

Mezcla de sustrato	Longitud	Volumen	Peso fresco	Peso seco
--------------------	----------	---------	-------------	-----------

(%)	(cm)	(mL)	(g)	(g)
T1: C50+T50	40.23 b	56.25 ab	61.37 a	16.93 ab
T2: C30+T70	37.86 b	69.17 a	77.11 a	22.01 a
T3: T100	29.92 c	37.13 b	45.08 a	16.84 ab
T4: C100	47.75 a	50.63 ab	48.56 a	7.96 b
DMS ($\alpha = 0.05$)	5.90671	30.87026	33.83037	12.49707

Letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

5.8 Volumen de raíz

Se encontró que, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 69.17 ml tuvo mayor volumen, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 56.25 ml, posteriormente las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) con 50.63 ml y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 37.13 ml; ahora se nos presenta un panorama diferente posicionando a las T2 como el tratamiento sobre saliente con el mayor volumen de las raíces, siendo diferente de las plantas T1 y T4, y en este caso estos dos son significativamente iguales, no son menos importante ya que pueden llegar a alcanzar el rendimiento de las plantas T2, dejando claro que estos tres superan a las plantas T3 (Cuadro 6).

El incremento del volumen de la raíz se refiere al óptimo desarrollo y expansión del sistema radicular en toda el área del sustrato, este, compuesto por materia orgánica y donde se inyectó el fertirriego, estas condiciones permitieron elevar el desempeño de la planta tanto en desarrollo, floración y rendimiento. En el caso de las plantas con el componente T2 siendo el más sobresaliente en esta variable, se debe que al combinar las proporciones de los sustratos cuenta con espacios que ayudan a la aireación del sistema y desarrollarse por los espacios porosos que permite el tezontle. En cambio Guangpu-Lan *et al.* (2021) indica en su reciente investigación sobre afectación de la acumulación de nitratos debido a la aplicación prolongada de fertilizantes nitrogenados, que el exceso de nitrato inhibió el crecimiento de las raíces, lo que resultó en una reducción en el volumen y la actividad de la raíz, en cambio, la dopamina promovió el crecimiento y la actividad de las raíces, redujo el contenido de anión superóxido y

malondialdehído, aumentó las actividades de las enzimas antioxidantes, mejoró el rendimiento y la calidad, y equilibró la absorción de iones. Este comportamiento es similar con el que se encontró en este experimento en las plantas de los componentes T2, T1, T4 ya que estos fueron inoculados con VAM alcanzando los mejores niveles de comportamiento en la adsorción de nutrientes.

Moreno-Pérez *et al.* (2011) nos sigue ilustrando en que, en su experimento a los 23 DDS en pepino, comparando medias entre condiciones de crecimiento (CC4) (Contenedor de 700 ml y 100 plántulas m⁻², y sometidas a un tratamiento de fertilización (TF4) (Solución nutritiva con 230 mg L⁻¹ de N, 52 mg L⁻¹ de P y 240 mg L⁻¹ de K diluida los primeros 8 a 12 DDS al 25% de su concentración, los siguientes cinco días 50 % de su concentración y los siguientes cinco días 75%) alcanzó medidas de hasta 27.8 ml en condiciones de crecimiento y alcanzando 23.8 ml con el mejor tratamiento de fertilización. Esto se debe al incremento de la absorción de nitrógeno y potasio, pero no la de fósforo. Si relacionamos estos datos a nuestro experimento tomando en cuenta la edad fenológica del cultivo es probable que, nuestros datos superen al experimento anterior, ya que usamos una fuente de fertilización más enriquecida y hay presencia de materia orgánica en los sustratos usados.

5.9 Peso fresco de raíz

Se encontró que, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 77.10 g, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 61.37 g, posteriormente las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) con 48.55 g y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 45.08 g; estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre los 4 tratamientos. Aunque numéricamente son diferentes, quiere decir que, las plantas con las mezclas de T1, T4 y T3 pueden llegar alcanzar el dato numérico más sobresaliente de esta variable (Cuadro 6).

Kacjan-Marsic y Jakse (2010) observó en su investigación que las plantas de pepinos cultivadas en perlita alcanzaron un mayor peso de las raíces en comparación con las plantas cultivadas en gránulos de arcilla expandida. Las plantas injertadas tuvieron mayor peso de la raíz que las no injertadas con medias de 51.5 g. y/o 35.7 g. respectivamente.

Los resultados obtenidos de las diferentes combinaciones de sustratos de este experimento fueron mayores alcanzando una máxima de 77.11 g y/o mínima de 45.08 g respectivamente.

5.10 Peso seco de la raíz

Se encontró que, las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 22.01 g, seguido de las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) con 16.93 g, posteriormente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 16.84 g. finalmente las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) con 7.96 g; el T2 presentó diferencias estadísticas de los T1 y T3, pero entre estos dos no se tuvieron diferencias significativas, en cuanto al T4 es diferentes de todo los anteriores. (Cuadro 6).

Moreno-Pérez, E. *et al* (2011) al evaluar el efecto de volúmenes de sustrato y niveles de fertilización con nitrógeno, fosforo y potasio, en el vigor y contenido de N, P y K en hojas de plántulas de pepino del cultivar Saber, encontró que: a los 23 días después de la siembra para la variable peso seco de la raíz obtuvo rangos de medidas de hasta 7.09 g y/o 2.3 g. En condiciones de invernadero e hidroponía.

Cuadro 7. Comparación de medias para características de fruto y rendimiento, por efecto de la mezcla de sustratos.

Mezcla de sustrato (%)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Rendimiento (kg)
T1: C50+T50	16.72 a	44.64 a	6.85 a
T2: C30+T70	16.71 a	43.63 a	6.47 a
T3: T100	16.01 a	42.97 b	0.89 b
T4: C100	16.72 a	26.91 a	10.12 a
DMS ($\alpha = 0.05$)	6.11944	1.93604	4.34704

Letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (LSD $\alpha = 0.05$).

5.11 Diámetro polar del fruto

Se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) y las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) tuvo la mayor longitud con 16.72 cm, seguido de las cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 16.71 cm y finalmente las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 16.01 cm; estadísticamente no se tuvieron diferencias significativas entre los 4 tratamientos. (Cuadro 7).

La mejor respuesta se presentó en las plantas del T4, T1 y T2 ubicándose según la NMX-FF-023-1982 que cumple con el estándar del México Extra que deben presentar un tamaño mínimo mayor a 16.5 cm, en comparación con el T3 existe una diferencia mínima que alcanza hasta 0.02 cm, pero lo posiciona en un buen estándar que está entre 14 – 16.5 cm especificado en la misma norma para determinar la longitud del fruto. (Rodríguez-Bosques, 2016) en su investigación encontró que la longitud del fruto presentó diferencias significativas ($P < 0.01$) en todos los tratamientos, los resultados obtenidos son efecto de las soluciones nutritivas sobre el crecimiento del fruto, a medida que se aumentó la fertilización orgánica, también aumentó la longitud, mostrando, diferencias estadísticas significativas. Sobresaliendo el Nitrógeno y el Calcio. Indicando que la longitud del pepino americano fluctuó entre 20 y 25 cm, no siendo menor a 15 cm. Los datos obtenidos en este experimento se encuentran entre los rangos de la investigación anterior. Xiaoxiao – Liu, *et al*, (2020) afirma que el tamaño del y la forma del fruto de los pepinos generalmente están determinadas por la longitud de la fruta, el diámetro o la relación por diámetro. El tamaño y forma de la fruta son características esenciales de rendimiento y calidad para la reproducción y también puede ser características de clasificación para definir diferentes clases de pepino. Por otro lado, Preciado-Rangel (2019) evaluó el rendimiento del fruto con la aplicación foliar de ácido salicílico en concentraciones de hasta 0.015 mM en las plantas de pepino incrementó hasta un 39.10%, mientras que en concentraciones superiores lo disminuyeron. Presentaron longitudes que van desde 22.3 cm a los 19.9 cm.

5.12 Diámetro ecuatorial de fruto

No se tuvieron diferencias significativas entre las plantas cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) tuvo el mayor diámetro con 44.64 mm, seguido de las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2) con 44.41 mm seguido de las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4) con 43.63 mm finalmente; con las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) si hay diferencias estadísticas con los tratamientos anteriores (Cuadro 7).

Preciado – Rangel, P. 2019 evaluó el rendimiento del fruto con la aplicación foliar de ácido salicílico en concentraciones de hasta 0.075 mM en las plantas de pepino incrementó hasta un 39.10%, mientras que en concentraciones superiores lo disminuyeron. Presentaron desarrollo en su diámetro que van desde 5.5 cm a los 4.7 cm. Actuando el ácido salicílico como un regulador del crecimiento que acelera la división y puede incrementar el tamaño.

Chacón-Padilla y Monge-Pérez (2020) encontró diferencias significativas en el diámetro del fruto para los tipos de pepinos puestos en observación, el pepino pequeño presento diámetros menores de 43.25 mm, que los pepinos largo y mediano (entre 48.67 y 49,44 mm) entre estos últimos si hay diferencias significativas. Este autor cita a diversos autores, asegurando que, el diámetro del fruto oscila entre 43 y 53.3 mm para pepino largo; entre 24.2 y 60.7 mm para pepino mediano; y entre 24.4 y 58 mm para pepino pequeño. Tanto los resultados del experimento de dicho autor se ubicaron dentro de dichos rangos y en mi caso los datos recopilados para las plantas cultivadas con las mezclas de T1, T2, T4 no alcanzaron los estándares de la medida para largo y mediano, es probable que esto se deba al híbrido usado o el tipo de solución nutritiva aplicada en la experimentación anterior. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que según la NMX-FF-023-1982 los datos proporcionados reúnen las características para el comercio de México extra que oscila entre los 3,5 a 5 cm.

5.13 Rendimiento

En la presente investigación se encontró que, las plantas cultivadas con composta al 100 % (T4), las cultivadas con este componente al 50 % composta y 50 % tezontle (T1) y las plantas cultivadas con este componente 30 % composta y 70 % tezontle (T2), alcanzaron

los mejores rendimiento por planta expresados en kg, para el primer tratamiento fue de 10.12 kg, para el segundo de 6.85 kg y para el tercero 6.47 kg, estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, estos tres tratamientos si tuvieron diferencias significativas con las plantas cultivadas en tezontle 100 % (T3) con 0.89 kg (Cuadro 7).

Chacón-Padilla y Monge-Pérez (2020) proponiéndose el objetivo de evaluar el rendimiento y calidad de tres cultivares diferentes bajo cubierta, en condiciones hidropónicas en su investigación encontró que; al presentar los datos de rendimiento por planta para los tipos de pepinos evaluados. Al considerar el total de frutos producidos, no se hallaron diferencias entre el rendimiento por planta entre los 3 tipos de pepino (entre 7,847.10 y 8,715.74 g/planta). Sin embargo, al considerar la categoría de primera calidad, el pepino largo produce un rendimiento por planta significativamente menor (4,128.28 g/planta) en comparación con los otros 2 tipos de pepino (entre 4,902.27 y 4,903.72 g/planta). Según diversos autores, el rendimiento por planta varía entre 576.9 y 11,600 g/planta para pepino largo; entre 1,424 y 13,409 g/planta para pepino mediano; y entre 810 y 13,800 g/planta para pepino pequeño; los resultados obtenidos para la presente investigación se ubicaron dentro de dichos rangos. En comparación con este experimento se encontró que las plantas T4 su rendimiento superó a los datos de la anterior experimentación, también incluye a las cultivadas de T1 y T2 donde nuestros datos de rendimiento superan a las calidades presentadas anteriormente y coincide con los datos proporcionados por otros autores. Esto se debe al tipo de sustrato usado en diferentes proporciones, ya que es de origen orgánico, a quien le nombramos Composta Universitaria.

6. CONCLUSIONES

El sustrato composta universitaria en proporciones del 100%, fue el tratamiento más sobresaliente mostró un comportamiento positivo en la producción de pepino bajo condiciones de invernadero, alcanzando la mayor altura, el mejor contenido de clorofila, produciendo la mayor cantidad de flores masculinas y femeninas, posesionándose con el mejor rendimiento de frutos, un sistema radicular muy desarrollado que logró longitudes para abarcar todo el sustrato.

Mencionar de manera relevante que; Al utilizar un régimen nutrimental completo como la solución nutritiva universal (Steiner 1984) Pérez – Díaz, F., (2020), potencializando al híbrido Poinsett su función en los casos de los tratamientos: CU(100%)+G y CU(50%)+T(50%)+G, alcanzaron resultados muy sobresalientes que incidieron en el incremento del rendimiento de la planta, su empleo es fundamental en todo los estadios del mismo aun teniendo el mejor sustrato o una combinación sobresaliente, ya que ellos no aportan elementos indispensables en el manejo del cultivo.

El papel de los bioinoculantes se notó directamente en el desarrollo del sistema radicular, elevándolo a su máxima actividad de extracción de nutriente y asegurando la hidratación de la planta. Se logró una simbiosis micelio-raíz la cual pudo verse al momento de su destrucción.

Hay que recordar que, estos organismos garantizan plantas saludables y sanas al enfrentar estrés hídrico y ataques de algunas plagas y enfermedades.

7.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	2022							
	E	F	M	A	M	J	J	A
Elaboración del protocolo de tesis	X							
Desarrollo de la investigación		X	X	X	X			
Evaluación del experimento				X	X			
Análisis de datos						X		
Escritura de la tesis							X	
Presentación del examen de titulación								X

8. LITERATURA CITADA

AMHPAC (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida), 2021. Disponible en web: <https://www.amhpac.org/es/index.php/en/17-noticias/400-greentech-americas-2020-reunira-a-lideres-internacionales-en-soluciones-herramientas-e-innovaciones-de-agricultura-protegida>. consultado 11 ago. 2022.

Araiza y Sánchez (2003). Horticultura doméstica. 5° reimpresión. Trillas. México. Pp.85. ISBN: 968-24-3463-7.

Arias (2007). Producción de pepino. USAID-RED. La Lima, Cortes, Honduras. Pp.31.

Axayacatl (2017). Origen del pepino (en línea). Consultado 05 oct 2022. Disponible en <https://blogagricultura.com/origen-del-pepino/>

Barraza A., F.V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* 17(2), 18-29.

Campelo - Rodríguez; Lorenzana de la Varga; Marcos Fernández y Gómez – Bernardo (S/F) *Frankliniella occidentalis* (Pergande) Trips occidental de las flores. Ficha 338 Grupo de trabajo fitosanitario de laboratorios. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Y Marino. Consultado 25/05/2023, disponible en la web: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_338.pdf

Casaca, A, D., (2005). El cultivo del pepino. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola (PROMOSTA) Costa Rica, C.A., Consultado el 24/02/2022. Disponible desde: < <http://gamis.zamorano.edu/gamis/es/Docs/hortalizas/pepino.pdf> >.

Casilimas H., Monsalve O., Bojacá C., Gil R., Villagrán E., Arias L. y Fuentes L. (2012). Manual de producción de pepino bajo invernadero. Primera edición, Bogotá, Colombia, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 208 p.

CENID-RASPA. (2003). Agricultura protegida. Libro técnico núm. 1. Gómez Palacio Dgo. Pp.210. ISBN: 968-800-541-X.

Chacón-Padilla y Monge-Pérez (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepinos. Revista Tecnología en Marcha, Vol. 33, N° 1, Enero-Marzo Pp 17- 23 San José, Costa Rica C.A. Disponible en la web: [file:///C:/Users/ensa1/Downloads/Dialnet-ProduccionDePepinoCucumisSativusLBajoInvernadero-7451366%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ensa1/Downloads/Dialnet-ProduccionDePepinoCucumisSativusLBajoInvernadero-7451366%20(1).pdf)

Comby, M.; Mustafa, G.; Magnin-Robert, M.; Randoux, B.; Fontaine, J.; Reignault, P. and Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against aerial phytopathogens and pests. In: Q.-S. Wu (Ed.). Arbuscular mycorrhizas and stress tolerance of plants. Singapore: Springer Singapore. 195-223 pp.

Cruz Crespo, Elia; Sandoval Villa, Manuel; Volke Haller, Víctor; Ordaz Chaparro, Víctor; Tirado Torres, Juan Luis; Sánchez Escudero, Julio. (2010). GENERACIÓN DE MEZCLAS DE SUSTRATOS MEDIANTE UN PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN UTILIZANDO VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS. 25/02/2022, de Terra Latinoamericana, vol. 28, núm. 3, julio-septiembre, 2010, pp. 219-229 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316064004.pdf>

Cruz-Gómez, B., (2015). Efectos de la aplicación de biofertilizantes y fosfitos de potasio durante cultivo y un recubrimiento de poli (acetato de vinilo – co – alcohol vinílico) sobre la calidad y vida poscosecha de pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de maestría en ciencias en agroplasticultura, Centro de investigaciones en química aplicada, Saltillo, Coahuila, México. 75 p.

Del Pino (2016). Guía didáctica: cultivo y manejo de cucurbitáceas: parte especial: zapallos y zapallitos. Universidad de la plata, Argentina. Horticultura y Floricultura. Consultado el 15/05/2023. Disponible en la web: <file:///C:/Users/ensa1/Downloads/Guia%20de%20cucurbitaceas%202016.pdf>

Della-Gaspera y Portela (2021). Principales factores que influyen en la diferenciación floral y el cuaje de frutos en zapallo (*Cucurbita* spp.). Instituto tecnológico

Agropecuaria – INTA, Mendoza, Argentina. Asociación Argentina de Horticultura. 13/33 p. ISSN de la edición on line 1851 – 9342.

Figuroa, E y Espinosa, L (2020). Análisis de la producción del pepino y pepinillos en México (en línea). In Diseminación de conocimientos, descubrimientos y reflexiones – Oaxaca 2020. Oaxaca de Juárez, México. Academia Journals. p. 112 – 124. Consultado 05 oct. 2022. Disponible en http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109403/Cap_comp-Analisis_pepino_pepinillos.pdf;jsessionid=2D3BA561E70A9C27CA193428D4C7555F?sequence=1

Flores y plantas.net. 2017. Sustrato (en línea, sitio web). Consultado 05 oct. 2022. Disponible en <https://www.floresyplantas.net/sustrato/>

García (1981). “Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Koppen”. Serie de libros N° 6, Instituto de geografía de la Universidad autónoma de México. Disponible en web: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>

González (1996). Guía para cultivar pepino de piso en la costa de Nayarit. INIFAP. Folleto para productores núm. 2. Guadalajara, Jalisco, México. Pp.12.

Guangpu-Lan, Liming-Shi, Xinyu-Lu y Yan-Sol (2021) Efectos de la dopamina sobre la antioxidante, los nutrientes minerales y la calidad de la fruta en pepino bajo estrés por nitratos. J Plant Growth Regul 41, 2918–2929 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10484-2>

Gül, A., Kidoglu, F.; Anac, D. (2007). Effect of nutrient sources on cucumber producción in different substrates. Scientia Horticulturae 119: 216-220.

Gutiérrez, C. Ma. C.; Hernández, E. J.; Ortiz, S.C.A.; Anicua, S. R. y Hernández, L. Ma. E. (2011). Relación de porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables de respuesta en plántulas de lechuga. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(3):183-196.

Gutiérrez-Rodríguez, J. y Blandón-Espinoza, O. (2020). Evaluación del efecto del uso de abonos orgánicos sobre el crecimiento y desarrollo en el cultivo de Tonkuá (*Benincasa hispida*, Thub), Trabajo de tesis, Universidad Nacional agraria, Nicaragua.

Huesa-Amat (2018). Efecto de la variedad vegetal sobre las medidas de sensores ópticos. Trabajo de grado. Escuela superior de ingeniería, Universidad de Almería, España. P 36. Disponible en la web: <http://repositorio.ual.es/handle/10835/7183?show=full>

INFOAGRO. (Infoagro Systems, S.L.) 2021. El cultivo del pepino (Parte I), (en línea). Consultado 05 oct. 2021. Disponible en https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp.

Kacjan-Marsic, N y Jakse M. (2010) Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. Department of Agronomy, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, Slovenia. Disponible en la web: https://www.researchgate.net/profile/Nina-Kacjan-Marsic/publication/264892705_Growth_and_yield_of_grafted_cucumber_Cucumis_sativus_L_on_different_soilless_substrates/links/540d9a7d0cf2f2b29a38b533/Growth-and-yield-of-grafted-cucumber-Cucumis-sativus-L-on-different-soilless-substrates.pdf

López, E., J. Rodríguez, J.C. Huez, L.M.A. Garza, O.S. Jiménez, 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. Vol.29. Num.2. Pp.21-27.

López, E.; Garza, O.; Huez, L.; Jiménez, L.; Rueda, P. y Murillo, A., 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. European Scientific Journal ediction vol. 11, N° 24 ISSN: 1857 – 7881. Disponible en la web:

[https://dagus.unison.mx/publicaciones/indexadas/ESJ%20Vol.11No.24\(2015\)%20Articulo.pdf](https://dagus.unison.mx/publicaciones/indexadas/ESJ%20Vol.11No.24(2015)%20Articulo.pdf)

López, M. M.L.; Leos, E.L.; Alfaro, H. L. y Morales, M. A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre el rendimiento y calidad nutraceutica del pepino. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 13(5):785-798.

Méndez (2016). Evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. Consultado: 24/02/2022, de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS. TORREÓN, COAHUILA, México. Sitio

web:<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8315/ARNOLDO%20MENDEZ%20PEREZ.pdf?sequence=1>

Méndez-Pérez (2016). Evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. Tesis. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Disponible en la web: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8315/ARNOLDO%20MENDEZ%20PEREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Meneses-Fernández y Quesada-Roldán (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Revista Agronomía Mesoamericana on-line versión ISSN 2215-3608*. Vol.29, n.2, pp.235-250. Disponible en la web: <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i2.28738>.

Moreno-Pérez, E.; Sánchez-del Castillo, F.; González Molina, L.; Pérez-Mercado, C.; Magaña-Lira, N. 2011. Efectos del volumen de sustrato y niveles de N-P-K en el crecimiento de plántulas de pepino. *Terra Latinoamericana*, vol. 29, núm. 1. Pp 57-63. Sociedad Mexicana de la ciencia de suelo, A.C. Chapingo México. Disponible en web: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319955006.pdf>

NMX-FF-023-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-pepino-(*Cucumis sativus*) especificaciones. Secretaria de comercio y

fomento industrial norma mexicana. Dirección general de normas. Consultado el 19 /08/2022.

Olalde, G., V.m. Mastache, L., A.A.Carreño, R., E. Martinez, S., J. Ramírez, L., M. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. Revista interciencia. Vol.39. Num.10. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932433005>

Pérez – Díaz, F., Arévalo – Galarza, Ma., Pérez – Flores, L., Lobato – Ortiz, R., y Ramírez - Guzmán, M. 2020. Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Artículo científico, Rev. Fitotec. Mex. Vol. 43(1):89 – 99, Texcoco, Estado de México, México.

PFC (Procuraduría Federal del Consumidor) 2020. Pepino, fresco y saludable. (en línea). Consultado 05 de oct. 2021. Disponible en <https://www.gob.mx/profeco/documentos/pepino-fresco-y-saludable?state=published>.

Preciado – Rangel, P. et al. 2019. La aspersion foliar de ácido salicílico mejora los compuestos fenólicos y flavonoides, así como la producción de frutos en pepino (*Cucumis sativus* L.) artículo científico, Revista Plants, Licenciataro MDPI, Basilea, Suiza. Disponible en; <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PROAIN Tecnología agrícola, 2020. Plagas de importancia económica en pepino. PROAIN S. DE R.L. DE C.V. empresa comercializadora de herramientas agrícolas, página web. Consultada el 15/08/2023, disponible en la web: <https://proain.com/pages/proain>

Reyes (2012) Dinámica nutricional y rendimiento del pepino en sistemas hidropónicos con circulación de la solución nutritiva. Tesis. UACH. Texcoco, México Pp. 1-82.

Rodríguez – Bosques, Y. 2016. Calidad comercial y producción de frutos de pepino injertado y cultivado en dos modalidades de fertilización.

Saldajeno y Hyakumachi (2011). El hongo promotor del crecimiento de las plantas *Fusarium equiseti* y el hongo micorriza arbuscular *Glomus mosseae* estimulan el

crecimiento de las plantas y reducen la severidad de la antracnosis y las enfermedades del marchitamiento en plántulas de pepino (*Cucumis sativus*), artículo científico, disponible a la web: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1744-7348.2011.00471.x>

Salvador (2015). Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero. Documentos técnicos. Núm. 08 CAMAJAR Caja Rural Pp. 32

Sánchez del Castillo, F.; González – Molina, L.; Moreno – Pérez, E.; Pineda – Pineda, J. y Reyes – González, E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. Artículo científico, Rev. Fitotec. México. Vol. 37 (3): 261 – 269. Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México.

Sánchez-del-Castillo F. y R. E. Escalante (1988) Hidroponía. Estudio de un Sistema de Producción. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.

Sandí-Mendoza (2016). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de San Carlos, Costa Rica. P. 37

Sandí-Mendoza (2016). Crecimiento, producción y absorción nutrimental 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, Trabajo final de graduación, Tesis. P 36- 38 de 126.

SMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2016). Corredor Biológico Chichinautzin, Gobierno de México. [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/corredor-biologico-chichinautzin> (Consultado el día de 10 de enero 2022). Moralez-Cruz, N. 2019. Composición de seis sustratos comunes en la producción del pepino (*Cucumis sativa*) y acumulación de sales, bajo invernadero en zamorano, Honduras. P.10

- Té Góngora.(2008). Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis. Universidad autónoma de Querétaro. C.U. Santiago de Querétaro, Qro. Pp.1-68.
- Tedersoo, L.; Bahram, M. and Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science* 367(6480):1223. Doi: 10.1126/science. aba1223.
- Terry-Alfonso, E. y Leyva-Galán, A. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate, *Artículo científico Agronomía Costarricense* 30(1): 65-73. ISSN:0377-9424. Disponible en la web; <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630106&idp=1&cid=97277>
- Vásquez-Santiago (2016). RESPUESTA DEL PEPINO A LA INOCULACIÓN DE *Azospirillum* sp., *Azospirillum brasilense* Y *Glomus intraradices* EN CONDICIONES DE INVERNADERO. Tesis de maestría, Universidad autónoma agraria Antonio Narro, subdirección de posgrado.
- 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, Universidad autónoma agraria Antonio Narro, Departamento de horticultura. *Revista internacional de investigación e innovación tecnológica* año 2, N° 10.
- Villegas, O., Domínguez, M., Albavera, M., Andrade, M., Sotelo, H., Martínez, M., Aguilar, M., Castillo, C., y Magadan, M del R., (2017). Sustrato como material de última generación. Consultado el: 24/06/2021, de Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Morelos, México. Sitio web: <https://docplayer.es/52061997-Sustratos-como-material-de-ultima-generacion.html>
- Ward, G. (1967). Greenhouse cucumber nutrition a growth analysis study. Ontario, CA. *Plant and Soil* 26(2): 324-332.

Xavier (2013). Tratado de variedades de hortalizas. Libro, ediciones OMEGA. Barcelona. Pp.448. ISBN: 978-84-282-1601-2.

Xiaoxiao Liu, Cacerola Yupeng, Ce Liu, Yuan Yuan Ding, Xiao Wang, Zhihui Cheng y Huanwen Meng (2020). Variaciones de tamaño y forma de pepino exploradas desde los aspectos de morfología, histología y hormonas endógenas. Facultad de horticultura, Universidad A&F del Noroeste, Yangling 712100, Shaanxi, China. *Plantas*, 9 (6), 772. MDPI AG. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.3390/plants9060772>

Zaccari. F. 2003. Una breve revisión de la morfología y fisiología de las plantas de Zapallo (*Cucurbita* sp.). Area Disciplinaria Poscosecha. Departamento de producción vegetal. Centro Regional Sur. Facultad de agronomía. Av. Grazón 708 C.P. 12900.Montevideo, Uruguay.

Zamudio y Félix (2014). Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México. INIFAP. Pp. 8-56. Disponible en la web: <https://docplayer.es/18295309-Produccion-de-pepino-bajo-invernadero-en-valles-altos-del-estado-de-mexico.html>

9. ANEXOS

A1. Análisis de varianza (C.M) para las diferentes variables de crecimiento vegetativo, para determinar el efecto de las diferentes combinaciones de mezclas de sustratos.

F. V	G. L	Altura	RAUD PC	Clorofila	Peso fresco de planta	Peso seco de planta	Longitud de raíz	Peso fresco de raíz	Peso seco de raíz	Volumen de raíz
Tratamientos	3	47881.65**	0.69**	153.01 ^{ns}	167221.27**	4243.46**	647.61**	2530.02 ^{ns}	409.28 ^{ns}	2116.75 ^{ns}
Bloque	3	406.47 ^{ns}	0.00 ^{ns}	9.51 ^{ns}	9860.10*	59.73 ^{ns}	268.61*	188.32 ^{ns}	58.80 ^{ns}	64.95 ^{ns}
Error	9	2694.38	0.05	71.96	7250.03	88.36	122.72	4025.69	549.34	3352.03
C.V (%)		12.75	15.57	5.54	12.19	8.49	9.48	36.45	49.03	36.21
R ²		0.95	0.94	0.69	0.96	0.98	0.88	0.40	0.46	0.39

F.V.: Fuente de variación, G.L: grados de libertad, C.V.: Coeficiente de variación, R²: Coeficiente de determinación, **: Altamente significativo, *: Significativo. ns: No significativo (P=0.05).

A2. Análisis de varianza (C.M) para las variables reproductivas, para determinar el efecto de las diferentes combinaciones de mezclas de sustratos.

F. V	G. L	Flores M	Flores F	Relación monoica	Diámetro polar	Diámetro ecuatorial	Rendimiento (kg)
Tratamientos	3	23.29**	1.07**	34.06**	1.47**	856.35**	175.86**
Bloque	3	1.30 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.79 ^{ns}	30.98*	307.56*	17.20 ^{ns}
Error	9	1.92	0.32	2.53	13.18	131.72	66.47
C.V (%)		13.90	14.54	11.51	7.32	9.68	44.69
R ²		0.93	0.79	0.93	0.71	0.90	0.74

F.V.: Fuente de variación, G.L: Grados de libertad, C.V.: Coeficiente de variación, R²: Coeficiente de determinación, **: Altamente significativo, *: Significativo. ns: No significativo (P=0.05).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa Educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola

Cuernavaca, Morelos, 18 de septiembre del 2023

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 28 de agosto del 2023, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Que presenta el **C. ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ**, pasante de la carrera de Ingeniero Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y codirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

SE ADICIONA HOJA CON FIRMA ELECTRÓNICA
BIOL. ISIS MORA OREA
Invitada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.e. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ISIS MORA OREA | Fecha:2023-09-05 21:11:34 | Firmante

o1sZndqDqRamsxAJUJhfNZ6F9L8X1okF5BlitUt+yAgfqfQFFcwgLR7/A0mDjlz5lqcvx7EnylAPgyIHLxZhgy9Sv5HI3WAPCg0frVLRMgvmisHEN8vzixogWqwMtlGpZ95DzrLfviXeDJ4vw1LngaF4OPcPLu65Q18Y1c3Ap0KPIj5IjRrAnA7Va0HWIh+SSzCpKCQ8Yf3QbaJu7uAU7cwjq0Rjg7IeZE+IDAwOMAvz2+9e4jLuPA6Q0GPKt/A4S05ZRuyS+Lw7zJ6CRjCBpw/pOasp4YhCquZE4Rd7nG5Fqxy8Ofxao91dxF3wYgyQJ+RQsbJ2AqGgRYGLJ7s1qBg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[4pra03nZW](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ize1pOJBjRafILGpTSKP66eKnUOWNpKNs>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa Educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola

Cuernavaca, Morelos, 18 de septiembre del 2023

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 28 de agosto del 2023, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Que presenta el **C. ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ**, pasante de la carrera de Ingeniero Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y codirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

SE ADICIONA HOJA CON FIRMA ELECTRÓNICA
DR. HÉCTOR SOTELO NAVA
PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.e. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

HECTOR SOTELO NAVA | Fecha:2023-09-05 14:24:14 | Firmante

nlDxcf86ndOpE4E+VkgU/XdGPbg8KRjCv9i8t042bu3FKLz2fCEXyooH9ikglXZGofpVLjS86Au/T+5UXWVK15K11skL9j2u4hHy9vqAruJcuS14rHilaDwnMwA13KyWuUihHyLBITZA
Wy1I1kQ5JM+mGf+AXH2ZRqkV8THtoR4Fg41jXacl+AEEchL6rDVRrgaNpNy+2r/saQEDJpPm1dS5u0NFzoxCJu+y4lRws2w9eHx+hIFY3hAMgjYfwTOqZrV3+IltMmbq7Yle7IUvk
+UM1FbsOabnqHmjFtNO1+WUSjwGIUfchd5gyLyeOq3nPKNr/MULTVgP57+Z8UiLA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[4Gc0UHtmA](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/cG7KQ3GpB7PZeOjfdJYtVz0ZYMyD0CEI>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa Educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola

Cuernavaca, Morelos, 18 de septiembre del 2023

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 28 de agosto del 2023, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Que presenta el **C. ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ**, pasante de la carrera de Ingeniero Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y codirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

SE ADICIONA HOJA CON FIRMA ELECTRÓNICA
DRA. MARÍA ANDRADE RODRÍGUEZ
PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.e. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA ANDRADE RODRIGUEZ | Fecha:2023-09-20 19:50:39 | Firmante

a5hRDLsrfaNxXcjV18qNQypLxT4/uPNwik3bDu+y8BvlhTIH45fP7zA40c2ut/44W+87+8PohiChuf6Q3HLgQNGTRym3CNAVERQii3mC76ehDselElhx8U/Hda5mtpv40fCXrqqObYNjviJnouGOuzmlCOAW+NQC5SvDkccqH0S97z00x+T7ywlQf/nX8Y5JKsHlePqBba/d5G7TGyYJvVDag4M+PUExlCrsleWhfc72NOvfN+Zli6RjmBmSUGFG72oqLZrOyUiv5md7/CkmxinO5zL/FmzQEFr9FQILNPAOn4WEFd1TVuREIYL+Sni49VJvtPSfYXUvrowCWmCVHLg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[Am8iGQl4S](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/sjDiAu6GzSIKiY5qNLuRwgAALawXs0ib>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa Educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola

Cuernavaca, Morelos, 18 de septiembre del 2023

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 28 de agosto del 2023, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Que presenta el **C. ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ**, pasante de la carrera de Ingeniero Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y codirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

SE ADICIONA HOJA CON FIRMA ELECTRÓNICA
M. C. MAGDALENA ALBAVERA PÉREZ
PTP de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.e. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MAGDALENA ALBAVERA PEREZ | Fecha:2023-09-07 11:06:34 | Firmante

DkMlizyjL+o5fAZtz2PrqJJXnbWCmhKQmssEQUJDah3zwDSgFz42O7QM56YGBCD419cSJKB9CAYNkA/vOGqeDsB27ZicZm2VBaK79GXUuQUgVh/mja9gmwOLOo0ydn1t2drN0r4VrfSV6y9MGamY0Gp+nZ+qgKP2OxxRQuKhEzv1715OsoP88OZMhOOAi6oZP6h7OU4INjwQApciqMkEbGo4BEWSmHt5kV3MXKPouD7NYQc+UwglmZnm2KSO8IFGEBYgY YTvJjZLnl2edfzfbAunN/xKDlbHeoQQZ+gZqsbv/G/g3Tlb6KN2yOJIZkeXk1mfFKedBoURgqtlpHWAoA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[d0MeXmHYI](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/6oGGsY3CZNs4o04nbr2pNHGEhLISAWJc>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Programa Educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola

Cuernavaca, Morelos, 18 de septiembre del 2023

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 28 de agosto del 2023, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **EFFECTO DE COMBINACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Que presenta el **C. ERICK NOÉ SOZA ÁLVAREZ**, pasante de la carrera de Ingeniero Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y codirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

SE ADICIONA HOJA CON FIRMA ELECTRÓNICA
ING. JOSÉ ANTONIO GÓMEZ MIRANDA
PTP de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

C.e. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE ANTONIO GOMEZ MIRANDA | Fecha:2023-09-22 08:18:52 | Firmante

c79wTv9CxxVJu4/A1VrGsYgUI9MKytC83SGuY5MPR1C2DEU+MMI41hE2+qliArBpYY+GzcyFVurBsklbLDFy6FFDXNh/Aqo+FFvr31Pii6EOscYoZ+5KLzLKWfDgXgDIBV0kHEEn
Qk0Pc4+DZFcPjQwUObIzHaVbJ0sPVdp3U0keDow7vYwtGt53eLj1h4ZT0W4FT7y3iqJlImxKG0Vfhf8qnvAWDaaKIOFb9GsViY5O2Xa/sMWxlqMzaILPwwi7RudT4OXWml8B1J9
Ou/BKbgp/r7i6nMgow73d6LXUqebOaq8W2kXjvvsIP1XKUhqGwdQLfwgzulhPRSNMFPZV9g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[drsOhyu8t](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/XXGup8O1hK3Rab1Y8jRrHT0qrs8goTj1>

