

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Caracteres Morfológicos y Fisiológicos en el Cultivo del Pepino Obtenidos Mediante
Dos Técnicas de Injerto

Por:

BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Caracteres Morfológicos y Fisiológicos en el Cultivo del Pepino Obtenidos Mediante
Dos Técnicas de Injerto

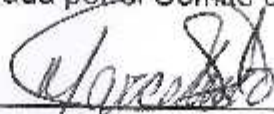
Por:

BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Asesor Principal



Dra. Francisca Ramírez Godina

Coasesor



M.C. Rocio Maricela Peralta Manjarrez

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

A mí Dios

Por permitirme cumplir mis sueños, doy gracias por bendecirme a diario, por no dejarme vencer y darme fuerzas en los momentos más difíciles, por regalarme alegría y satisfacciones, a ti mi dios agradezco por guiarme de tu mano y permitir mi estancia en mi Narro querida, también por cuidar a mi padre en el cielo y a mi madre y hermanitas en la tierra.

A mis Padres

Agradezco infinitamente por el gran apoyo que me brindaron desde mi niñez hasta ahora, por hacer de mí una persona con sueños y aspiraciones, gracias a ustedes tengo fuerzas para luchar, quiero agradecerle a ti mamá por luchar mucho más desde que entre a la universidad para que yo tuviera un futuro mejor y porque siempre estuviste para mí sin importar nada, a ti que compartiste dolor y lágrimas conmigo cuando yo me sentía derrumbada y también estuviste en mis momentos de felicidad, este título es tuyo mamá y de mi padre que me estuvo cuidando siempre desde el cielo y también en vida mientras que Dios lo permitió.

Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Gracias por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por tenerme la confianza y dejarme trabajar con usted, por su tiempo invertido en mí, así como las enseñanzas en clase durante mi estancia universitaria.

A mis Coasesores

A usted Rocío Peralta por estar apoyándome durante varios meses hasta culminar mi tesis, por la atención brindada y por compartirme sus conocimientos, muchas gracias por tenerme paciencia y guiarme. A la Dra. Francisca Ramírez Godina, por dedicarle su valioso tiempo a la revisión de mi tesis.

A mis Amigas de la Generación

A ustedes Silvia, Edith y Deniss por estar conmigo desde primer semestre hasta el noveno semestre, gracias por no separarse de mí y ayudarme en todo momento, con ustedes compartí momentos maravillosos, muchas experiencias y aprendí cosas nuevas, nunca pero nunca las olvidare. También gracias Silvia, Edith y Angy por ser mis compañeras de cuarto y por estar ahí a lado de mí y nunca dejar que me sintiera sola. En especial gracias a tí Silvia por acompañarme día y noche, por ser mi amiga inseparable, sabes que te quiero mucho.

DEDICATORIAS

A mi Angelito

Este logro te lo dedico a tí Zoémy, a tí mi bebecita que con apenas diez meses de edad has robado mi corazón entero, porque desde que venías en camino trabajabas conmigo en el invernadero y en el laboratorio realizando este trabajo de investigación, eres mi fuerza, y mi amor por tí es inexplicable, porque con solo una sonrisa te llevas mi alma, gracias gordita por llegar a darme fuerzas para lograr todo.

A mi Padres

Mi Lalito en el primer semestre de mi estancia universitaria, cuando Dios decidió llevarte yo te prometí terminar mis estudios y por fin la promesa se ha cumplido, así que dedico este gran logro a tí papito que me acompañaste en vida hasta los 18 años, a tí que luchaste infinitamente por estar con nosotros, por todos esos hermosos momentos que me regalaste, te amo y siempre te llevo en mi corazón y aunque no estés físicamente para verme realizar mis sueños sé que tienes una sonrisa en el rostro y que siempre me acompañas y eso cura un poco mi dolor. A tí mamá Ana Ibañez Martínez a tí mamá hermosa que eres el pilar de mi vida, has luchado por mí y por mis hermanas, nunca nos faltó nada, tu que te has sacrificado tanto por mí, que me diste la vida y que me has dedicado tantos años de cuidado, eres la mejor mamá del mundo, una mujer llena de fuerza, eres un gran ejemplo de humildad y amor te amo infinitamente.

A mis Hermanas

A Luícita y a ese angelito que viene en camino, a Adamary mi hermana pequeñita a ustedes que han sido las mejores hermanas del mundo, por su nobleza y su capacidad de ayudar cada que las necesito, son un motor en mi vida, siempre pienso en ustedes, en esos momentos difíciles que hemos pasado en donde ha sobresalido ese amor infinito que nos tenemos.

A mi amor

Saul Neftalí Cervantes Zúñiga, a tí por estar junto a mí en todos estos años de carrera, por darme el regalo más grande y hermoso que pude haber tenido en esta vida a mí Zoémy gracias por construir una familia conmigo, tu mi flaco me has brindado amor, confianza y sobre todo has creado en mí mucha alegría, desde mis primeros semestres estuviste conmigo y hasta a la fecha sigues aquí, has sido un gran apoyo en mí. Muchas gracias por todo te amo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 General	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen.....	4
2.2 Clasificación Taxonomía	4
2.3 Características Botánicas.....	4
2.3.1 Sistema Radical.....	4
2.3.2 Tallo	5
2.3.4 Hojas.....	5
2.3.5 Flores	5
2.3.6 Fruto	5
2.4 Tipos de Pepinos.....	6
2.4.1 Pepino Corto y Pepinillo (Pepino Español)	6
2.4.2 Pepino Medio Largo	6
2.4.3 Pepino Largo (Pepino Holandés, Pepino Almería).....	6
2.5 Requerimientos Ambientales	6
2.5.1 Temperatura.....	7
2.5.2 Humedad	7
2.5.3 Luminosidad	7
2.6 Requerimientos Edáficos.....	7
2.6.1 Riego.....	8
2.6.2 Fertilización	8
2.9 Importancia del Pepino en México y en el Mundo	9
2.10 Producción de pepino en México.....	10

2.11	El injerto	11
2.11.1	Ventajas	12
2.11.1.2	Alternativa a Patógenos del Suelo.....	12
2.11.1.3	Vigor	13
2.11.1.4	Aumento del Rendimiento	13
2.11.1.5	Eficiencia en el Uso del Agua.....	14
2.11.1.6	Eficiencia en el Uso de Nutrientes.....	14
2.12	Importancia del Uso del Injerto en Hortalizas.....	14
2.13	Tipos de Injertos	15
2.13.1	Injerto de Aproximación.....	15
2.13.2	Injerto de Púa o Cuña en Hendidura	15
2.14	Importancia de la Nutrición de Cultivos.....	16
2.14.1	Nutrición Inorgánica	17
2.14.2	Nutrición Orgánica.....	17
2.15	Micromorfología de la Epidermis de las Hojas.....	18
2.16	Estomas	18
2.16.1	Función de los Estomas en las Plantas	19
2.16.2	Índice Estomático	19
2.16.3	Densidad Estomática	20
2.16.4	Relación de los Estomas con la Productividad y Producción de los Cultivos Hortícolas ...	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1	Localización del Experimento	21
3.2	Material Vegetal.....	21
3.3	Siembra de Material Vegetativo.....	21
3.4	Riego.....	21
3.5	Realización del Injerto	22
3.6	Manejo de Plántulas Post Injerto	23
3.7	Trasplante.....	24
3.8	Fertilización	24
3.9	Manejo del Cultivo	24
3.10	Control de Plagas y Enfermedades.....	25
3.11	Cosecha	25
3.12	Tratamientos Evaluados	25

3.13	Variables Evaluadas	26
3.13.1	Area Foliar	27
3.13.2	Biomasa Seca Aérea	27
3.13.3	Conductancia Estomática	27
3.13.4	Índice y Densidad Estomática.....	27
3.14	Diseño Experimental	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
4.1	Área Foliar	29
4.2	Biomasa seca aérea	30
4.3	Conductancia Estomática	31
4.4	Densidad estomática	32
4.4.1	Densidad estomática adaxial.....	32
4.4.2	Densidad estomática abaxial.....	33
4.5	Índice estomático	34
4.5.1	Índice estomático adaxial.....	34
4.5.2	Índice estomático abaxial.....	35
V.	CONCLUSIÓN	37
VI.	LITERATURA CITADA.....	38
VII.	ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Volumen de producción nacional de pepino.....	10
2	Volumen de producción de las principales entidades productoras de pepino en México.....	11
3	Injerto de púa.....	23
4	Injerto de aproximación.....	23
5	Área Foliar de plantas de pepino con dos tipos de injerto y de fertilización.....	29
6	Biomasa seca del área foliar de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	30
7	Conductancia estomática de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	31
8	Densidad estomática adaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	33
9	Densidad estomática abaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	34
10	Índice estomático adaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	35
11	Índice estomático abaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.....	36

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Análisis de varianza para la variable Área Foliar de plantas de pepino.....	46
ANEXO 2 Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	46
ANEXO 3 Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	46
ANEXO 4 Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	47
ANEXO 5 Análisis de varianza para la variable Biomasa Seca de plantas de pepino.....	47
ANEXO 6 Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	47
ANEXO 7 Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	48
ANEXO 8 Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	48
ANEXO 9 Análisis de varianza para la variable Conductancia Estomática de plantas de pepino.....	48
ANEXO 10 Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	49
ANEXO 11 Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	49
ANEXO 12 Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	49

ANEXO 13	Análisis de varianza para la variable Densidad Estomática adaxial de plantas de pepino.....	50
ANEXO 14	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	50
ANEXO 15	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	50
ANEXO 16	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	51
ANEXO 17	Análisis de varianza para la variable Densidad Estomática abaxial de plantas de pepino.....	51
ANEXO 18	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	51
ANEXO 19	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	52
ANEXO 20	Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	52
ANEXO 21	Análisis de varianza para la variable Índice Estomático adaxial de plantas de pepino.....	52
ANEXO 22	Comparación de medias de la variable Índice Estomático adaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	53
ANEXO 23	Comparación de medias de la variable Índice Estomático adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	53
ANEXO 24	Comparación de medias de la variable Índice Estomático	

	adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	53
ANEXO 25	Análisis de varianza para la variable Índice Estomático abaxial de plantas de pepino.....	54
ANEXO 26	Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.....	54
ANEXO 27	Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.....	54
ANEXO 28	Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.....	55
ANEXO 29	Fuentes y cantidad de fertilizante (g) utilizado para solución química y orgánica.....	55
ANEXO 30	Medición de área foliar y conductancia estomática.....	57
ANEXO 31	Fotografías de los estomas.....	57

RESUMEN

El cultivo del pepino es de gran importancia por su elevado índice de consumo y alto impacto económico, el cual se debe en gran medida a que es un producto de exportación que se cultiva y se consume en muchas regiones del mundo. Dentro de la rama de la horticultura, se ha implementado la técnica del injerto, la cual poco a poco ha ido tomando importancia en las hortalizas, ya que además de ayudar a la resistencia de enfermedades ha sido útil para crear tolerancia a ambientes de estrés, como el aumento en la absorción de agua y asimilación de nutrientes y dando como resultado plantas más vigorosas y con mayor rendimiento, sin embargo, existe escasa información acerca del efecto de los injertos sobre la micromorfología de las hojas, la cual permite inferir sobre el estado hídrico y eficiencia fotosintética de la planta, por lo cual el experimento se realizó con el objetivo de determinar los componentes micromorfológicos y fisiológicos del pepino injertado (*Cucumis Sativus* L. var. Esparon), empleando dos tecnologías de injerto sobre un patrón híbrido de calabacita criolla (*Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*), mediante dos tecnologías de fertilización. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*2 (Con injerto de púa, aproximación y sin injerto, y fertilización química y orgánica). Las variables evaluadas fueron área foliar, biomasa, densidad estomática adaxial y abaxial, índice estomático adaxial y abaxial, y conductancia estomática. Los resultados indicaron que los tratamientos con injerto de aproximación y fertilización orgánica produjeron mayor área foliar respecto a las no injertadas, con un incremento del 83.4%, con el injerto de púa aumento la biomasa seca en relación a las no injertadas, además con ambos injertos disminuyó la conductancia estomática, el índice y densidad estomática adaxial y abaxial de la hoja, condición que evita el exceso de transpiración. Estos resultados indican que por efecto del injerto se presentan cambios en la fisiología y anatomía de la epidermis de las hojas con ambos tipos de fertilización.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, injerto, púa, aproximación, fertilización.

I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es un cultivo importante debido a su gran consumo por su riqueza en agua, vitamina E y aceites naturales, además de poseer el 95% de agua y un contenido menor o igual a 20 calorías. Es un fruto pepónide de color verde claro a verde oscuro, cultivado antes de que alcance la madurez (SIAP- SAGARPA, 2016).

Una gran problemática en la producción de hortalizas es la presencia de patógenos del suelo, como nematodos y hongos vasculares, y debido a esto se han creado métodos alternativos en los sistemas de producción, como lo es el uso del injerto en cultivares susceptibles (Maršić y Jakše, 2010).

El uso del injerto se ha convertido en una alternativa para mejorar la producción de algunas hortalizas (Maršić y Jakše, 2010) que, en condiciones de crecimiento adecuadas, mejora la calidad de estas, además de superar problemas de salinidad y aumentar el tamaño del fruto (Flores *et al.*, 2010).

El uso del injerto promueve mayor vigor en las plantas, incrementando la acumulación de materia seca. Un mal suministro nutrimental puede provocar la disminución de materia seca (Godoy *et al.*, 2009). Por otro lado, se debe tener en cuenta que el uso irracional de fertilizantes provoca contaminación de los mantos freáticos, dañando el ambiente (Hernández-González *et al.*, 2014).

Se ha comprobado que injerto representa una herramienta prometedora, que puede mejorar el rendimiento en las cucurbitáceas, pero el uso del portainjerto adecuado, sigue siendo una práctica de prueba y error (Schwarz, *et al.*, 2010).

Por otro lado, en México el uso de invernaderos ha sido una alternativa, ya que existen más de 6000 ha de invernadero funcionando y 170 ha en construcción. También se tienen cultivos semi-protegidos, ya sean casas de malla sombra o túneles, contando con una superficie de 200 y 300 ha (SAGARPA, 2006).

Taylor *et al.* (2012), mencionan que respecto a estudios anteriores se sabe que el tamaño y número de estomas determinan la máxima conductividad estomática de vapor de agua. Se considera que la conductancia estomática de las hojas se puede ver como un indicador fisiológico de la cantidad de agua contenida en la planta (Gil-Marín *et al.*, 2006; Toral *et al.*, 2010).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de dos tipos de injerto, con dos sistemas de fertilización sobre los componentes micromorfológicos y fisiológicos del pepino (*Cucumis sativus* L.).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Determinar los componentes micromorfológicos y fisiológicos del pepino obtenido mediante dos técnicas de injerto.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Comparar las dos técnicas del injerto en la productividad del cultivo de pepino.
2. Determinar los cambios micromorfológicos y fisiológicos en las hojas del cultivo del pepino.

1.2 HIPÓTESIS

Se mostrarán cambios heterogéneos en la morfología y fisiología de las hojas de plantas de pepino obtenidas mediante dos tipos de injerto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

El pepino es originario de Asia y en particular de la India, debido a la presencia de especies silvestres *Cucumis* con número cromosómico $n=7$, además de que han existido desde hace 300 a 400 años vestigios del cultivo, por otro lado, algunos autores señalan que el centro de origen es África tropical, pero en la mayoría de los trabajos se considera un origen totalmente asiático (Bisognin, 2002).

2.2 Clasificación Taxonomía

El cultivo del pepino cuyo nombre botánico es *Cucumis sativus*, pertenece a la familia Cucurbitaceae, es de género *Cucumis* y tiene como especie *sativus*, es por ello su nombre científico (Zamudio & Félix, 2014), el pepino es del reino vegetal, de la división Embryophita siphonogama y subdivisión Angiospermae (Maroto, 2002).

2.3 Características Botánicas

2.3.1 Sistema Radical

El pepino presenta un sistema radicular muy ramificado, que consta de una raíz principal y esta se ramifica rápidamente para dar lugar a raíces secundarias finas, alargadas y de color blanco (Gálvez, 2004).

La raíz principal del pepino puede llegar a medir hasta 1.10 m de profundidad, y puede medir hasta 65 cm laterales, presenta unas raíces secundarias y pelos absorbentes muy superficiales, esta hortaliza tiende a aumentar sus requerimientos de humedad debido a su sistema radical muy compacto (García, 2004).

2.3.2 Tallo

Los tallos son rastreros, angulosos, espinosos y de porte trepador. En cada nudo se origina una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores (Bolaños, 1998). Las ramas llegan alcanzar una longitud de hasta 3.5 m en condiciones normales.

2.3.4 Hojas

El pepino presenta hojas simples de forma acorazonada y alternas, crecen del lado opuesto a los zarcillos, están cubiertas por un bello fino y son de color verde oscuro poseen de 3 a 5 lóbulos angulados y triangulares, con una epidermis con cutícula delgada que evita la pérdida de agua excesiva (López, 2003).

2.3.5 Flores

Pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos por lo que presentaban solamente flores masculinas y femeninas, estas últimas se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y presentan un peciolo corto y pétalos de color amarillo (Gálvez, 2004).

Las flores son polinizadas principalmente por las abejas o el viento. La productividad del cultivo será mayor cuando se encuentren más flores femeninas ya que estas se convertirán en frutos (López, 2003).

2.3.6 Fruto

El fruto es un pepónide con capa áspera o lisa, dependiendo de la variedad, su color en estado inmaduro, varía desde un color verde oscuro a verde claro y cuando alcanza la madurez toma color amarillento. La pulpa tiene una textura acuosa de color blanquecino (Infoagro, 2011), aunque varían de acuerdo con la variedad, las semillas son de forma ovoide, lisas y de color blanco (Madrigal, 2006).

2.4 Tipos de Pepinos

En invernadero se cultivan diferentes materiales y dentro de los principales están el pepino tipo americano y el europeo.

2.4.1 Pepino Corto y Pepinillo (Pepino Español)

Este es un grupo donde se incluyen todas las variedades de pepino pequeño que no sobrepasan los 15 cm de longitud, de piel verde, rayada y de color amarillo o blanco. Son utilizados para encurtidos o para consumo en fresco. Las variedades más utilizadas son Serena y Potomax (Zamudio y Félix, 2014).

2.4.2 Pepino Medio Largo

En este grupo se incluyen las variedades de longitud media que oscilan entre los 20 y 25 cm. En este grupo existen variedades de pepino monoicas y ginoicas, y dentro de estas últimas se distinguen dos grupos, las que tienen frutos con pinchos y los de piel lisa o minipepinos los cuales son similares al tipo holandés, pero más cortos. Las variedades más utilizadas son Solverde y Raider (Zamudio y Félix, 2014).

2.4.3 Pepino Largo (Pepino Holandés, Pepino Almería)

En este grupo se incluyen las variedades cuya longitud supera los 25 cm, todas son ginoicas que presentan grupos partenocárpicos y de piel lisa media asurcada. En estas variedades el tamaño de las hojas es mucho más grande. Las variedades más destacadas son: Bellisima, Nevada, Atlanta, Brunex, Serena, Marumba, Raider, Alasca y Cazorla (Zamudio y Félix, 2014).

2.5 Requerimientos Ambientales

El pepino es una planta que pertenece a un clima templado a frío. Requiere menos calor que el melón, pero le es perjudicial el calor excesivo y la humedad (Tiscornia, 1983).

2.5.1 Temperatura

Para una buena germinación, el pepino requiere una temperatura de suelo de al menos 12°C. la tasa de crecimiento del cultivo es incrementada a temperaturas superiores a los 25° C (Pacas, 2002).

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo oscila entre los 20 y 30° C. La preciosidad es mayor cuando la temperatura aumenta a los 25° C. Se pueden observar desequilibrios en las plantas, cuando la temperatura aumenta a 30° C, lo cual afecta a los procesos de fotosíntesis y respiración. Temperaturas iguales o menor de 17° C provocan malformaciones en hojas y frutos (Madrigal, 2006).

Castaños (1993), menciona que el pepino es un cultivo de fotoperiodo corto y de buena luminosidad.

2.5.2 Humedad

La humedad juega un papel importante en el cultivo del pepino, la humedad relativa óptima durante el día es del 60 al 70% y por la noche del 70 al 90%. La producción se puede ver afectada cuando hay exceso de humedad durante el día (Madrigal, 2006).

2.5.3 Luminosidad

La luminosidad es muy importante en el pepino ya que es una planta exígete, que pese a todo crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (menos de 12 horas luz), aunque también soporta intensidades lumínicas elevadas y la producción aumenta cuando hay mayor radiación solar (Zamudio y Félix, 2014).

2.6 Requerimientos Edáficos

El pepino (*Cucumis sativus* L.) no es muy exigente en cuanto a suelo adaptándose a cualquier tipo, aunque prefiere el franco arenoso con buen contenido de materia orgánica y drenaje. En cuanto al pH el pepino es una hortaliza moderadamente

tolerante a la acidez, teniendo un rango de pH de 6.8 a 5.5. Es medianamente tolerante a la salinidad con valores de 3840 a 2560 ppm (Valadez, 1989).

2.6.1 Riego

Person (1983) menciona que, durante el ciclo de vida del pepino, se requieren cantidades aproximadas de 500 a 600 mm de agua. A pesar de que su consumo de agua es relativamente alto, prefiere un clima con humedad relativa baja, se cultiva en zonas áridas y semiáridas, por lo que el suministro de agua es importante en todo el ciclo del cultivo.

El pepino es muy exigente en cuanto a la humedad del suelo y del aire, ya que tanto como sus raíces y estructura foliar, son de desarrollo débil. Para que la planta tenga un desarrollo óptimo se requiere de una humedad de suelo de 70 a 80% de capacidad de campo y humedad del aire de 80 a 90% (Narro, 1989).

2.6.2 Fertilización

La fertilización debe basarse en las necesidades nutricionales del cultivo, en base a los resultados del análisis del suelo. Como recomendación general, las aplicaciones deben fraccionarse durante todo el ciclo del cultivo. Para poder lograr una fertilización eficiente, depende de varios factores: dosis correcta, tipos de fertilizantes a utilizar, pH del suelo, aplicación oportuna y formas de aplicación (López, 2003).

La demanda nutricional del pepino, según las recomendaciones del Laboratorio de Suelos, del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal es:

- 130 kg de Nitrógeno/ha
- 120 kg de Fosforo/ha
- 130 kg de Potasio/ha

Castaños (1993), menciona que, para el manejo de fertilizante, existen resultados experimentales que indican que durante la plantación 12 kg/ha de nitrógeno en bandas

de ambos lados de la siembra. Por otro lado, menciona que el cultivo responde muy bien a las aplicaciones de fosforo, cuando los resultados de los análisis indican concentraciones inferiores a las 8 ppm. En tales condiciones se recomienda la aplicación de P_2O_5 . Mientras que en suelos deficientes de potasio se menciona la aplicación de este a una dosis de 110 a 120 kg de K_2O por hectárea.

La aportación de CO_2 permite garantizar el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmosfera del invernadero, así como compensar el consumo de las plantas. En los diversos periodos del año se necesita realizar un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones del aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionales por el suelo a la atmosfera del mismo, todo esto para valorar las necesidades de CO_2 en los cultivos en invernadero (Maroto, 2002).

2.9 Importancia del Pepino en México y en el Mundo

El cultivo del pepino es de gran importancia debido a que cuenta con un elevado índice de consumo, pues sirve de alimento tanto en fresco como industrializado. El cultivo de esta hortaliza tiene un aumento de producción y exportación y por lo tanto una estabilidad de la superficie. Tiene importancia no solo en México, sino que también en varias regiones españolas, siendo una especie cuyo valor agronómico reside en la producción estacional, por lo cual es necesario desarrollarse en cultivo protegido (Maroto, 2002).

El alto impacto económico que tiene este cultivo se debe en gran medida a que es un producto de exportación que se cultiva y se consume en muchas regiones del mundo. Existen variedades de alto rendimiento, así como prácticas de manejo que permiten optimizar su producción bajo invernadero (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

China tiene el primer lugar como productor mundial de pepino con 54, 315,900 toneladas anuales en el 2014, México ocupa el lugar número ocho con una producción de 637,395 toneladas.

Los países productores de pepino en conjunto superan un volumen de producción de 71.3 millones de toneladas anuales, de las cuales tres cuartas partes son correspondientes de china y México tiene el 0.9% de la producción internacional de pepino. La exportación de pepino mexicano tiene como destino cuatro países en donde destaca Estados Unidos.

Comúnmente Estados Unidos es el mayor comprador de pepino mexicano, ya que adquiere el 99% del volumen exportado (SIAP, 2016).

2.10 Producción de pepino en México

Según SIAP (2016), en el 2015 el mayor volumen cosechado del pepino fue de 9.3 % de crecimiento de la superficie sembrada y a mejores rendimientos en las principales entidades productoras.



Figura 1. Volumen de producción nacional de pepino (miles de toneladas). Fuente SIAP (2016).

Rank	Entidad federativa	Volumen (toneladas)	Variación (%) 2014-2015
	Total nacional	817,800	15.6
1	Sinaloa	359,910	17.9
2	Sonora	113,970	52.4
3	Michoacán	80,374	-15.5
4	Baja California	43,397	55.5
5	Guanajuato	33,595	22.5
6	Morelos	28,659	2.5
7	Yucatán	28,156	-28.7
8	Zacatecas	26,229	20.1
9	Jalisco	17,487	30.8
10	San Luis Potosí	15,728	146.3
	Resto	70,295	3.3

Figura 2 Volumen de producción de las principales entidades productoras de pepino en México. Fuente SIAP (2016).

Se puede cosechar hasta 179 toneladas de pepino por hectárea bajo invernadero en México. Teniendo en México un consumo anual per cápita de 1.2 kg. El pepino ocupa el tercer lugar de exportación de hortalizas en México (SIAP, 2016).

2.11 El injerto

El injerto es definido como la unión de dos partes de tejido, para que dé resultado a una sola planta completamente unida que pueda desarrollarse y crecer adecuadamente. Esta técnica es muy antigua y desde los años 1000 a.C. ya era conocida por los chinos, incluso se sabe que Aristóteles (384-322 a.C.) se refería a los injertos con un amplio conocimiento del tema en algunas de sus obras. Se sabe que durante el Imperio Romano y después en el Renacimiento (1300-1500 d.C.) se había creado un gran interés por los injertos, por lo que se volvieron muy populares. El método de hendidura y lengüeta desde el siglo XVI ya era usado en Inglaterra, y se tenía conocimiento que, al injertar, las capas de cambium debían coincidir (Hartman y Kester, 1984).

A pesar de que el injerto se conoce desde hace ya varios años atrás, México es uno de los países que recientemente se ha incorporado al empleo del injerto, lo que ha generado grandes ventajas, pues el tomate ha ido creciendo en este país, creando así una gran demanda de este cultivo, por lo que México es considerado como el primer lugar entre los países exportadores de tomate, lugar que anteriormente había ocupado España (FAOSTAT-Trade, 2011).

2.11.1 Ventajas

Se ha comprobado que el injerto tiene ventajas, como complementar la metodología en cuanto a la desinfección del suelo, lo que ha provocado el aumento de interés por los injertos por parte de los investigadores y agricultores. El objetivo que se plantea al emplear esta técnica es poder disminuir el uso de productos agroquímicos agresivos para el ambiente, como lo es el bromuro de metilo que se ha ido eliminando gradualmente desde el 2005 (Kubota, *et al*, 2008).

El uso de portainjertos también es de suma importancia, debido a que tiene la ventaja de beneficiar la absorción del agua y de los nutrientes del suelo, provocando así mejoras en el rendimiento del cultivo (Martínez Ballesta *et al.*, 2010).

2.11.1.2 Alternativa a Patógenos del Suelo

El injerto es una tecnología utilizada dentro de la horticultura ya hace muchos años y en diferentes lugares del mundo, debido a que se sabe que esta técnica puede superar diferentes problemáticas que limitan el cultivo de hortalizas, como lo es la infección por patógenos del suelo, entre otros (Martínez Ballesta *et al.*, 2010).

Ante la problemática de enfermedades del suelo, el injerto comenzó a utilizarse como una solución, debido a que se ha comprobado que los portainjertos presentan resistencia a enfermedades producidas por *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pseudomonas* y virus, aunque cabe mencionar que no siempre es así, ha habido ocasiones en donde las supuestas resistencias que se atribuyen no lo son, pero puede

tomar resistencias diferentes, que de igual manera son de gran utilidad. El tipo y el grado de resistencia puede variar dependiendo el portainjerto utilizado (Lee *et al.*, 2010).

Hoyos *et al.* (2009), observaron después de varios trabajos realizados que plantas infestadas de nematodos sin injertar morían en repetidas ocasiones, por otro lado, las plantas injertadas reaccionaban de una manera favorable, creciendo y fructificando a pesar de tener el sistema radicular invadido por nematodos.

2.11.1.3 Vigor

El empleo del portainjerto juega un papel importante, debido a su capacidad de aumentar el vigor y la altura de la planta, lo permite dejar mayor cantidad de frutos por racimo (Godoy *et al.*, 2009).

Al aplicar la técnica del injerto exitosamente, basándose en antecedentes de esta aplicación, se sabe que se reducen los daños causados en el suelo por patógenos, además de impedir daños por sequía al mejorar la absorción de agua, así como de nutrientes (Hernández-Gonzales *et al.*, 2014).

Al realizar la técnica del injerto se tiene la ventaja de obtener plantas más vigorosas, lo que ocasiona la posible reducción de la frecuencia de aplicaciones de productos fitosanitarios, sobre todo evitando fungicidas y se puede llegar a excluir por completo a estos tratamientos, dando lugar a un cultivo biológico (Lee *et al.*, 2010).

2.11.1.4 Aumento del Rendimiento

Hernández-Gonzales *et al.* (2014), observaron que al injertar pepino en patrones de chilacayote o calabaza aumenta el peso del fruto en fresco. La selección del portainjerto juega un papel importante, ya que al injertar pepino en estropajo se obtuvieron resultados negativos en cuanto al crecimiento, rendimiento del fruto y acumulación de biomasa. Se considera que el incremento en el rendimiento puede llegar a aumentar hasta 15 % más en plantas injertadas (Kubota *et al.*, 2008).

2.11.1.5 Eficiencia en el Uso del Agua

En estudios enfocados a las características de los tejidos de plantas, mencionan que las plantas se enfrentan a nuevas dificultades, como lo es la obtención y retención de agua necesaria para su óptimo desarrollo (Mencuccini, 2003).

El injerto en hortalizas además de ayudar a la resistencia de enfermedades ha sido de utilidad para crear tolerancia a ambientes de estrés, como es el caso del aumento en la absorción de agua y la mejora en asimilación de nutrientes y dando como resultado plantas más vigorosas y aumento en el rendimiento (Ozores-Hampton y Xin, 2010).

2.11.1.6 Eficiencia en el Uso de Nutrientes

De acuerdo con el estudio realizado por Hernández-González *et al.* (2014), mencionan que la absorción y translocación de agua y nutrientes es mayor al utilizar patrones de calabaza en pepino.

Para poder lograr una eficiente absorción de nutrientes minerales, es necesario lograr buena unión del injerto para que la planta pueda tener una comunicación entre injerto y patrón, teniendo en cuenta que las discontinuidades vasculares en la unión del injerto, puede provocar problemas como la inhibición del crecimiento (Martínez Ballesta *et al.*, 2010).

2.12 Importancia del Uso del Injerto en Hortalizas

“El injerto es una tecnología hortícola, practicada durante muchos años y en muchas partes del mundo, con el fin de superar muchos de los problemas que pueden limitar el cultivo de hortalizas: la infección por patógenos del suelo, las bajas temperaturas del mismo, salinidad y asfixia radicular”. Los portainjertos tienen gran importancia en esta técnica, debido a que permite mejorar el rendimiento por su capacidad de absorción de agua y nutrientes (Martínez Ballesta *et al.*, 2010).

Dentro de la rama de la horticultura, se ha implementado la técnica del injerto, la cual es prácticamente nueva en México, el injerto poco a poco ha ido tomando importancia en las hortalizas, aunque el empleo de este se ha utilizado más en solanáceas y cucurbitáceas y el injerto de estas dos familias también se ha implementado en Corea y Japón, sobre todo para invernadero lo cual puede llegar a presentar el 100% de la superficie cultivada (Lee *et al.*, 2010).

2.13 Tipos de Injertos

2.13.1 Injerto de Aproximación

La técnica del injerto en aproximación se caracteriza por poseer los sistemas radiculares del patrón y del cultivar durante la mayor parte del tiempo que dura la planta injertada, razón por la cual se corre un menor riesgo a la hora del prendimiento, además de que las plantas son menos susceptibles a estrés, por lo que no se necesita personal tan capacitado, ni una tecnología avanzada (Lee *et al.*, 2010).

El proceso para realizar el injerto comienza por hacer un corte en el patrón a la mitad del tallo con dirección hacia abajo, y en la variedad el mismo corte, pero del lado contrario al del patrón, cuidando que ambos cortes sean aproximadamente de la misma longitud, para proceder a un ensamble de ambos tejidos que después se convertirán en una sola planta, la zona del injerto será sujeta con tiras de plomo o con pinzas generalmente de silicona. Las plantas son mantenidas a una temperatura que va de los 22 a los 30° C y una humedad relativa del 85%. La planta injertada terminada se puede plantar a los 25- 30 días de realizado el injerto (Hoyos, 2012).

2.13.2 Injerto de Púa o Cuña en Hendidura

El injerto de púa en hendidura es una técnica generalmente utilizada para frutales (Cruz, 1990), debido a esto se cuenta con poca información del empleo de este injerto en hortalizas para aumentar la producción, además de los beneficios obtenidos con el uso racional de fertilización (Schwarz *et al.*, 2010).

Para realizar el injerto, el patrón debe contar con una longitud aproximada de 6 a 7 cm y 0.4 a 0.5 cm de diámetro de tallo, la variedad puede injertarse desde el momento en que cuenta con la primera hoja bien desarrollada con un diámetro de tallo de 0.25 a 0.35 cm (Cruz, 1990), una vez que el patrón y la variedad están listos para injertarse se procede a eliminar la parte terminal del portainjerto, se hace un corte hacia abajo en la parte central del tallo, y se continua con la variedad haciendo un corte en la parte terminal que tenga forma de “v” y este corte debe quedar de la misma longitud que la del patrón. Por último, se unen los dos tejidos para crear una sola planta y la zona del injerto queda abrasada con una pinza. Las plantas injertadas deben ser colocadas a una temperatura de 20-30° C de 5 a 7 días (De la Torre, 2005), una vez terminado este tiempo, las plantas serán llevadas al invernadero para entrar en una fase de aclimatación, en donde se conservará una temperatura de 20 a 25 días (Hoyos, 2012).

2.14 Importancia de la Nutrición de Cultivos

El empleo de fertilizantes en los cultivos, se considera una parte importante ya que son elementos esenciales para la nutrición y durante el ciclo del cultivo, así como para su rendimiento (Porras, 2005).

El aporte de nutrientes a las plantas siempre será esencial, ya sea que se trate de fertilización con productos sintéticos o por el contrario con productos orgánicos, ya que la calidad de los productos depende de dichos nutrientes, al brindar sustentabilidad en la producción (Gómez y Carmelo, 2002).

De acuerdo a estudios realizados, se afirma que el tipo de nutrición genera cambios en los cultivos. Cifuentes *et al.* (2013), mencionan que el uso de una nutrición orgánica en tomate, incremento significativamente los niveles de licopeno, comparado con la fertilización inorgánica.

2.14.1 Nutrición Inorgánica

Los fertilizantes químicos corresponden a uno de los mayores insumos agrícolas. Actualmente la fertilización inorgánica es considerada un problema, al causar daños a la ecología y al planeta, debido a la producción y el uso inadecuado de fertilizantes químicos (Sánchez, 2007).

Los fertilizantes químicos son elaborados de diversas formas, estos productos industriales expresan el contenido de los nutrientes en base a porcentaje, siendo esta la que determina la calidad de un fertilizante químico (Castillo, 2009).

2.14.2 Nutrición Orgánica

Los fertilizantes orgánicos, también conocidos como biológicos o ecológicos, entran en un sistema que se basa en la utilización de los recursos naturales, sin emplear productos de síntesis química (Gómez *et al.*, 2005). La producción orgánica se ha convertido en una alternativa para producir alimentos libres de agroquímicos (Márquez *et al.*, 2005).

En la actualidad la exigencia en los productos cultivados ha aumentado, ahora los consumidores de alimentos hortícolas además de interesarse por la apariencia de estos también exigen que dichos productos estén libres de agroquímicos, que sean seguros de comer y el contenido nutricional (Wang, 2006; Márquez *et al.*, 2006).

Los cultivos hortícolas para ser aceptados por los consumidores, además de la apariencia deberán contener propiedades que ayuden a restaurar las funciones fisiológicas del organismo humano y que sean capaces de disminuir el Riesgo de contraer enfermedades crónicas y/o degenerativas (Llacuna y Mach, 2012).

2.15 Micromorfología de la Epidermis de las Hojas

Cuando el clima, suelo y la vida circundante son aptos, los procesos de respiración, ritmos dirigidos por hormonas y movimientos inducidos por el medio ambiente parten de la hoja (Vareschi, 1992).

Los estomas son estructuras que conforman el tejido epidérmico, y estos están formados por un ostiolo rodeado por dos células oclusivas con una apariencia arriñonada y estas algunas veces se encuentran acompañadas por células epidérmicas (Ruiz *et al.*, 1962; Lindorff *et al.*, 1986; Flores-Vindas, 1999).

En la superficie de la lámina, los estomas pueden estar posicionados de diferente manera; pueden presentarse hundidos, al mismo nivel de las células epidérmicas o estar proyectadas hacia el exterior de la lámina (Flores-Vindas, 1999).

2.16 Estomas

Los estomas son considerados como un poro utilizado para el intercambio gaseoso con el medio y transpiración de la planta. Dos células llamadas células oclusivas o guardia con forma de riñón, rodean al estoma. Los cambios en la presión de la turgencia de las células oclusivas y las células epidérmicas adyacentes determinan los movimientos estomáticos. El aparato estomático está conformado por un conjunto de células oclusivas y células acompañantes (Hernández, 2013).

La abertura de los estomas es regulada por medio de células guarda, mediante la integración de diferentes señales ambientales, tanto endógenas como exógenas. La regulación de los estomas ayuda a conseguir un uso eficiente del agua y una tasa óptima de intercambio de CO₂ para la fotosíntesis, lo que permite que la falta de agua o el estrés hídrico, no afecte a las plantas (Hernández, 2013).

2.16.1 Función de los Estomas en las Plantas

Los estomas desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y por ello es importante conocer el número y forma en que los poros se abren y se cierran, así como los factores que controlan estos procesos (Sánchez y Aguirreolea, 1996).

Hernández (2013), encontró que las plantas constantemente ponen a trabajar a los estomas para limitar la pérdida de agua durante el proceso de absorción de CO₂, aun en presencia de abundante agua, es decir, los estomas se abren durante el día y se cierran durante la noche para prevenir pérdidas innecesarias de agua y durante este periodo nocturno no se produce fotosíntesis, ni demanda de CO₂, aunque con los primeros rayos del sol, la planta comienza de nuevo a realizar su proceso fotosintético y los estomas abren ya que la demanda de CO₂ es elevada. La apertura de estomas favorece la transpiración. El proceso de transpiración cumple con varias funciones como:

- 1.- La corriente transpiraría que permite que los nutrientes lleguen desde las raíces, hasta las partes de la planta que están en crecimiento.
- 2.- Cuando se tienen temperaturas altas o intensidad lumínica, ayuda al enfriamiento de las hojas.

2.16.2 Índice Estomático

El índice estomático es considerado como una función total de la radiación que se recibe y así mismo de las variaciones que se presentan durante los días anteriores a la diferenciación de los estomas de la hoja (Schoch *et al.*, 1980).

Se ha considerado incluir en estudios realizados con la anatomía foliar a fenómenos anatómicos como lo son los índices estomáticos (IE), al momento del estudio la parte a utilizar de la hoja ya sea ápice, media o baja determinara el valor del índice estomático y así mismo el valor puede seguir variando dependiendo de la posición en

que se encuentren las hojas en la planta, además del ambiente (Roth *et al.* 1986). El índice estomático (IE) expresa el número de estomas por superficie foliar, no importando el tamaño de las células epidérmicas (Wilkinson, 1979).

2.16.3 Densidad Estomática

La densidad estomática, ya sea alta o baja está relacionada con ciertas familias, además guarda cierta relación entre la DE y el tamaño de las células oclusivas, así mismo, plantas con células pequeñas presentan altas densidades (Croxdale, 2000).

Por lo regular la densidad estomática es mayor en la superficie abaxial de la hoja, y esta puede prevenirla perdida de agua debido a que esta menos expuesta al calentamiento (Martín y Glover, 2007).

2.16.4 Relación de los Estomas con la Productividad y Producción de los Cultivos Hortícolas

El número y apertura de los estomas están fuertemente relacionados con la transpiración y la intensidad de la respiración, así mismo la cantidad y distribución de los estomas influyen de manera directa sobre la asimilación de clorofila, debido a que las hojas son los principales órganos de la planta en donde se lleva a cabo la fotosíntesis (Ruiz *et al.*, 1962).

El aumento del área foliar tiene sus ventajas y desventajas, por un lado, es indispensable ya que de ella depende la fotosíntesis pero una rápida expansión foliar puede afectar negativamente, debido a que las plantas necesitaran adaptarse a la poca disponibilidad de agua. El crecimiento de la parte aérea de la planta y la raíz son afectados por la disponibilidad de agua; así mismo la raíz continua su desarrollo y la parte aérea detiene su crecimiento por causa del estrés (Potters *et al.*, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero del área experimental del Departamento de Horticultura, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México a los 25° 21' Latitud Norte y a los 101° 01' de Longitud Oeste y a la altura de 1790 msnm. Durante el ciclo Primavera – Verano de 2016.

3.2 Material Vegetal

Se utilizó la variedad de pepino (*Cucumis sativus* L.) Esparon, y como portainjerto se utilizó a la calabacita criolla (*Cucúrbita máxima* X *Cucúrbita moschata*).

Para la etapa de producción más temprana en pepino (de frío a calor), se recomienda la variedad Esparon. El color característico de esta variedad es verde oscuro en etapas tempranas y cuenta con frutos de muy buen tamaño, cuenta con espinas suaves (Rijk Zwaan, 2015).

3.3 Siembra de Material Vegetativo

Con la finalidad de uniformar el tamaño de la variedad con el portainjerto, dado que esta última presenta un vigor más acelerado que la variedad, se sembró primero la variedad en charolas de 60 cavidades, utilizando como sustrato para germinar una mezcla de Peat Moss y perlita (relación 2:1), y para la siembra del portainjerto (calabaza criolla) fueron utilizados vasos de unicel y charolas de 60 cavidades, utilizando la misma relación de sustrato.

3.4 Riego

En la etapa de germinación de la semilla los riegos fueron diarios de manera manual y por las mañanas, aplicando dos litros de agua a cada charola por día y así hasta la

etapa de plántula. Después del trasplante el suministro de agua fue realizado por medio de un sistema de riego por goteo, el cual se realizó diario con agua común y combinada con fertilizantes.

En la primera etapa del cultivo (vegetativa) se le daban dos riegos al día con un tiempo de 10 minutos (500 ml), posteriormente se le aumento a 15 minutos (750 ml), dos veces al día, al iniciar la etapa de floración el fertirriego se realizó por la mañana y en la tarde, con un suministro de 1.5 litros de agua común con el fin de satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo y evitar estrés en la planta. En la etapa de producción el fertirriego se aumentó hasta 30 minutos y con la combinación de dos litros de agua común por la tarde.

3.5 Realización del Injerto

La realización del injerto se llevó a cabo tres semanas después de la siembra de la variedad (Esparon) y dos semanas después de la siembra del patrón. El patrón al momento del injerto presentaba sus dos cotiledones y la variedad por su parte contaba con dos hojas verdaderas bien definidas. Se tuvo especial cuidado en las medidas de higiene, se esterilizo el área a trabajar, herramientas utilizadas, al igual que manos y se utilizaron guantes de látex. El injerto se realizó con las medidas adecuadas de temperatura y humedad relativa (22-28°C y HR> 80%).

El injerto de hendidura se llevó a cabo haciendo un corte en la parte central del patrón de aproximadamente un centímetro de longitud, mientras que en la variedad se hizo un corte en forma de “v” y por último se empalmaron ambas partes. El injerto fue sujetado con pinzas de silicón (Figura 3).

El injerto de aproximación se realizó conservando las dos partes radicales, y se procedió a realizar un corte en el patrón de aproximadamente un centímetro, que partió del centro del tallo hacia arriba, lo mismo se realizó en la variedad, pero con un corte en dirección contraria y por último se ensamblaron ambas partes. El injerto fue sujetado con pinzas de silicón (Figura 4).



Figura 3. Injerto de púa



Figura 4. Injerto de aproximación

3.6 Manejo de Plántulas Post Injerto

Con el fin de proporcionarles a las plántulas injertadas un ambiente adecuado y evitar estrés en ellas, las plántulas fueron colocadas en una cámara de prendimiento que fue elaborada mediante una cubierta de polietileno negro, dicha cámara contenía un foco en su interior y así se logró una temperatura de 28° C, además de una charola en la base con un poco de agua y aspersiones en la cámara de igual manera con agua, para lograr una humedad relativa del 85%. De manera preventiva las plántulas fueron asperjadas con Tecto 60 (0.2g/L) para evitar la proliferación de hongos. Después de que las plántulas permanecieron cuatro días en estas condiciones se pasó a otra cámara de prendimiento con polietileno transparente, aquí se mantuvieron durante 3 días con la finalidad de que las plántulas injertadas se fueran adaptando a las condiciones del exterior y no sufrieran estrés al momento del trasplante.

3.7 Trasplante

Una vez que las plantas injertadas pasaron por el proceso de aclimatación, se realizó el trasplante utilizando bolsas de plástico negro con capacidad de 10 kg, usando como sustrato peat moss y perlita (relación 2:1), una vez que las plantas quedaron dentro del invernadero, para prevenir condiciones de estrés se aplicó un producto líquido antiestrés (Delfan Plus®), a una dosis de 2.5 ml/L de agua, esta aplicación fue con la finalidad de que las plantas no sufrieran estrés, además de estimular su desarrollo.

3.8 Fertilización

La nutrición del cultivo se llevó a cabo mediante dos tipos de fertilización, química y orgánica, para la fertilización química se utilizó una solución nutritiva Steiner, mientras que la fertilización orgánica fue mediante productos TRADECOPR.

La fertilización se llevó a cabo diariamente, las primeras dos semanas durante la etapa vegetativa se aplicó el fertirriego durante 15 minutos al día (1L/día) a una concentración del 25%, después durante las siguientes tres semanas se fertilizó con un periodo de 20 minutos al día (1.33L/día), a una concentración del 50%, posteriormente cuando el cultivo estaba en la etapa de floración se fertilizó incrementando a un tiempo de 30 minutos al día (2L/día), y la concentración en esa etapa fue de 75% y por último en la etapa de producción se fertilizó durante 35 minutos al día (2.33 L/día) con una concentración del 100%, adicionalmente a la fertilización se realizaron riegos de 1.5 a 2 L. de agua común dependiendo de la etapa del cultivo.

3.9 Manejo del Cultivo

El pepino es una planta rastrera y de tejido suave, por lo que es necesario el tutoreo, para esta actividad fueron colocados polines en los extremos que funcionaron como base y con hilo rafia se tutoro dando al tallo un giro en el sentido opuesto a las manecillas del reloj conforme iban creciendo hasta guiarlas donde se encontraba el alambre que sostenía el hilo rafia.

Al cultivo de pepino se le realizaron diferentes tipos de podas; la primera poda se llevó a cabo a los 25 días después del trasplante, la cual consistió en la eliminación de tallos secundarios, flores y frutos a una altura de 60 cm hacia abajo, posteriormente se realizaron podas durante todo el ciclo del cultivo, en donde se eliminaron todo tiempo de hojas viejas, amarillas, enfermas, así como frutos mal formados.

3.10 Control de Plagas y Enfermedades

A las plantas recién injertadas se les aplicó "Tecto 60" (0.2 gr/l) para prevenir el desarrollo de enfermedades fungosas.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron aplicaciones de fungicida, como lo es el extracto de ajo (fungicida e insecticida orgánico) 2.5ml/l y "Tecto 60" 1 gr/L (Thiabendazol) para el control de cenicienta polvorienta (*Erysiphe cichoracearum*) y mildiu veloso del pepino (*Pseudoperonospora cubensis*). Se aplicó "Imidacron" (1 ml/L) para el control de mosquita blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*).

3.11 Cosecha

La primera cosecha se llevó a cabo a las nueve semanas después de haber realizado el trasplante, el segundo corte se realizó a los ocho días después de haber realizado el primer corte y la tercera cosecha fue realizada a los 10 días después y los posteriores cortes se realizaron cada ocho días, sumando en total siete cortes en todo el ciclo.

3.12 Tratamientos Evaluados

Se evaluaron 6 tratamientos con 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos

Numero	Tratamientos	Clave
1	Sin injerto - Química	SIQ
2	Sin injerto - Orgánica	SIO
3	Injerto/púa - Química	IPQ
4	Injerto/púa - Orgánica	IPO
5	Injerto/aproximación - Química	IAQ
6	Injerto/aproximación - Orgánica	IAO

3.13 Variables Evaluadas

Se determinaron las siguientes variables en cuanto a la fisiología y micromorfología de cada planta:

Área foliar (AF)

Biomasa seca aérea (BSA)

Conductancia estomática (CE)

Densidad estomática (DE)

Índice estomático (IE)

3.13.1 Area Foliar

Para medir esta variable se utilizó un aparato llamado LI-COR modelo LI-3000A. Todas las hojas de cada planta de pepino se metieron en medio de dos placas de acetato y luego se pasaron por una “plancha” que contiene el aparato y es la encargada de medir las hojas en cm^2 .

3.13.2 Biomasa Seca Aérea

La biomasa seca aérea se midió por medio de una balanza digital de marca Scout Pro®, el peso se determinó después de haber puesto a secar las plantas durante cinco días dentro del invernadero con temperaturas de 28 a 32° C y una humedad relativa del 20 al 50%, el peso fue registrado en gramos (g).

3.13.3 Conductancia Estomática

Se determinó mediante un porómetro modelo SC-1 marca Decagon Devices, el cual mide la presión de vapor sobre las hojas, la medición se llevó a cabo en un horario aproximado de las 12:00 a las 14:00 horas, esto con el fin de tomar las lecturas cuando la radiación es mayor, se tomaron tres lecturas por planta, buscando hojas adultas y de preferencia que estuvieran en la guía principal y que estas se encontraran totalmente expandidas. Los datos obtenidos se reportaron en $\text{mmol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.13.4 Índice y Densidad Estomática

Para ambas variables (índice y densidad estomática) se realizaron impresiones de la epidermis de las hojas; la técnica consistió en la aplicación de barniz para uñas transparente en un área pequeña en la superficie de la hoja y se esperó a que se secase por unos segundos, posteriormente se colocó cinta transparente sobre el barniz de uñas para remover esta capa y montarla en un portaobjetos. Se tomaron dos muestras de cada hoja (haz y envés), y se observaron en un microscopio con el objetivo 40X. Se calculó la densidad estomática (DE) por mm^2 , con la expresión: $\text{DE} = \text{Numero de estomas}/0.0247923$ y por último se calculó el índice estomático (IE), con

la siguiente expresión: $IE = [NE/(NE + NCE)] \times 100$; donde NE = número de estomas, y NCE = número de células epidérmicas.

3.14 Diseño Experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial (2)(2), los factores fueron dos tipos de injerto y fertilización química y orgánica, dando como resultado seis tratamientos con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se procesaron utilizando el programa estadístico Infostat 2017 en donde se obtuvieron los ANOVAS correspondientes y la comparación de medias LSD o DMS (diferencia mínima significativa) con $p=0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Área Foliar

En la comparación de medias (LSD) se encontró que el efecto de los dos tipos de injerto fue altamente significativo ($p \leq 0.01$) sobre el área foliar de plantas de pepino, con un incremento del 44.67% con injerto de aproximación y 31.9% con injerto de púa en relación a las plantas no injertadas. En cuanto al tipo de fertilización no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, los valores más altos de área foliar se obtuvieron con la fertilización química.

En la interacción de los factores se encontró que el tipo de injerto de aproximación con fertilización orgánica favoreció el incremento de área foliar en plantas de pepino ($p \leq 0.042$) en un 83.4% en relación a las plantas no injertadas con el mismo tipo de fertilización (Figura 5).

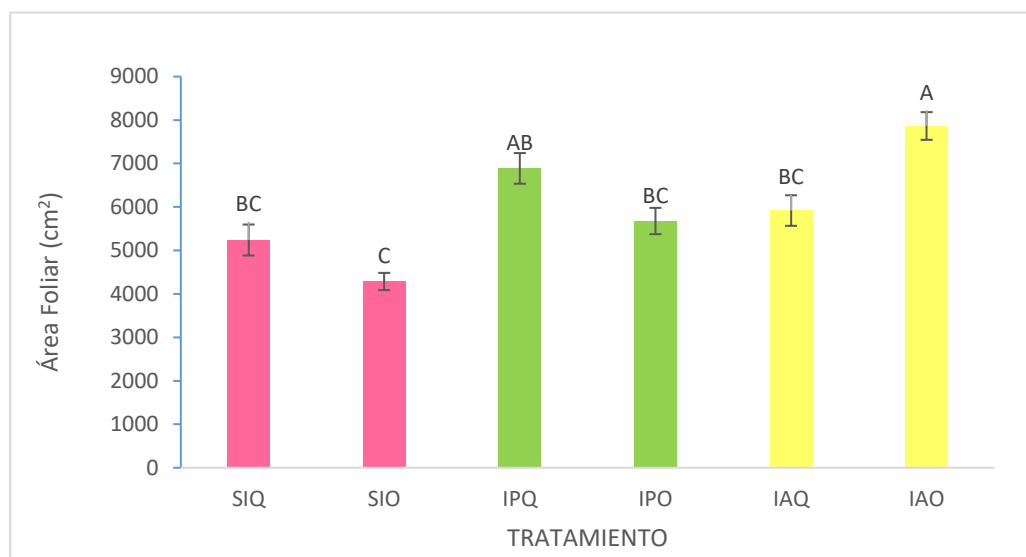


Figura 5. Área Foliar de plantas de pepino con dos tipos de injerto y de fertilización.

De acuerdo a los resultados obtenidos y considerando la información reportada en algunos estudios, podemos determinar que el uso del injerto favorece la producción de área foliar en plantas de pepino injertadas sobre calabacita criolla en relación a las plantas no injertadas (Hernández-González *et al.*, 2014), cabe mencionar que la

respuesta de las plantas manejadas con injerto de aproximación fue mejor que el injerto de púa, lo cual se atribuye a que con este tipo de injerto las plantas son menos susceptibles al estrés dándole más capacidad de reconexión del sistema vascular (Lee *et al.*, 2010).

4.2 Biomasa seca aérea

En la comparación de medias (LSD) se encontró que el efecto de los dos tipos de injerto fue altamente significativo ($p \leq 0.005$) sobre biomasa seca aérea de plantas de pepino con un incremento del 4.43% con injerto de aproximación y 35.5% con injerto de púa en relación a las plantas no injertadas. En cuanto al tipo de fertilización no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, los valores más altos en cuanto a biomasa aérea se obtuvieron con la fertilización química.

En la figura 6 podemos observar la interacción de los factores donde se obtuvo que el tipo de injerto de púa con fertilización química favoreció el incremento de biomasa aérea en plantas de pepino en un 25% en relación a las plantas no injertadas con el mismo tipo de fertilización.

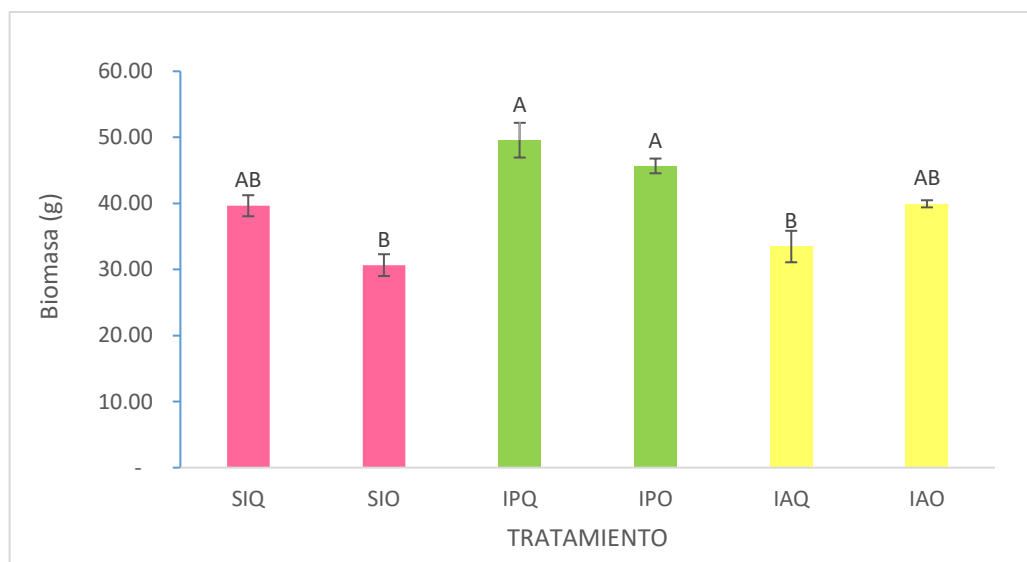


Figura 6. Biomasa seca del área foliar de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

Esta característica es muy importante en la asimilación de carbono, las relaciones hídricas y el equilibrio energético de la planta, lo que permite a la planta tener una mayor eficiencia fotosintética, utilización de nutrimentos y un mayor rendimiento (Amaro *et al.*, 2012).

4.3 Conductancia Estomática

Respecto a la conductancia se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.01$), en la comparación de medias (LSD) del factor injerto se observó que los dos tipos de injerto presentaron menor conductancia estomática en relación a la conductancia estomática de plantas no injertadas. En cuanto al tipo de fertilización se encontró que la fertilización orgánica presento un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) sobre la fertilización química con un incremento en la conductancia de 19.35%.

En la figura 7 podemos observar la interacción de los factores, donde se obtuvo que las plantas sin injerto con fertilización orgánica presentaron la mayor conductancia estomática, con un 65.19% en relación a las plantas con injerto de aproximación con el mismo tipo de fertilización.

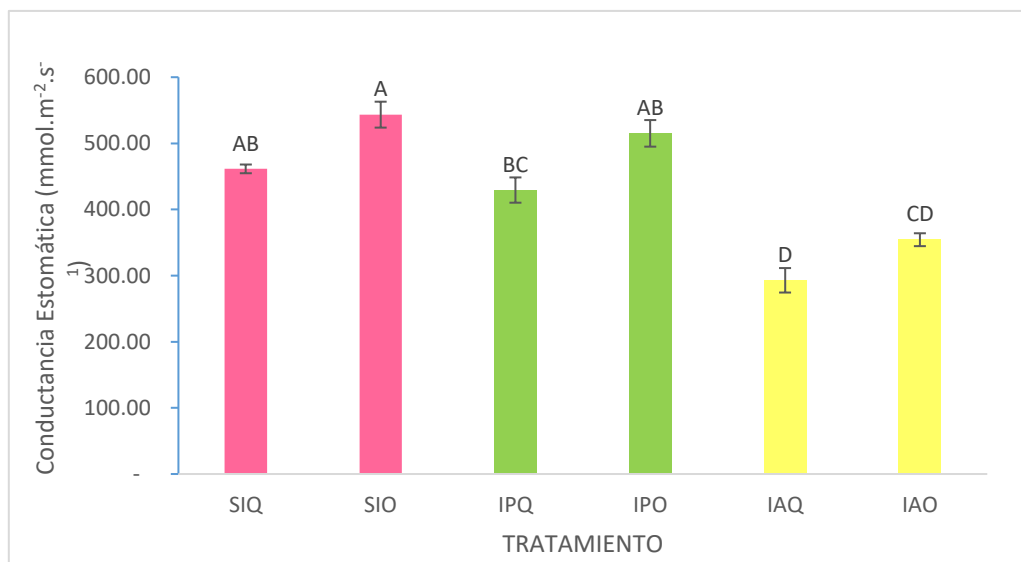


Figura 7. Conductancia estomática de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

De acuerdo con los resultados obtenidos, concordamos con lo reportado por Peralta-Manjarrez *et al.* (2016) donde menciona que la conductancia estomática en distintas variedades sin injerto, superan a plantas injertadas. Es importante mencionar que la máxima conductancia estomática de vapor de agua depende del tamaño y densidad de estomas (Taylor *et al.*, 2012).

4.4 Densidad estomática

4.4.1 Densidad estomática adaxial

Respecto a la densidad estomática adaxial se observó en la comparación de medias (LSD) en cuanto al factor injerto que las plantas sin injertar presentaron un incremento del 11.81% con injerto de aproximación y 4.41% con injerto de púa. En cuanto al tipo de fertilización no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, los valores más altos de área foliar se obtuvieron con la fertilización química.

En la interacción de los factores no se observaron diferencias significativas, y solo se presenta un incremento en densidad estomática del 1.3% en plantas con injerto de púa y fertilización química en relación a las no injertadas con el mismo tipo de fertilización (Figura 8).

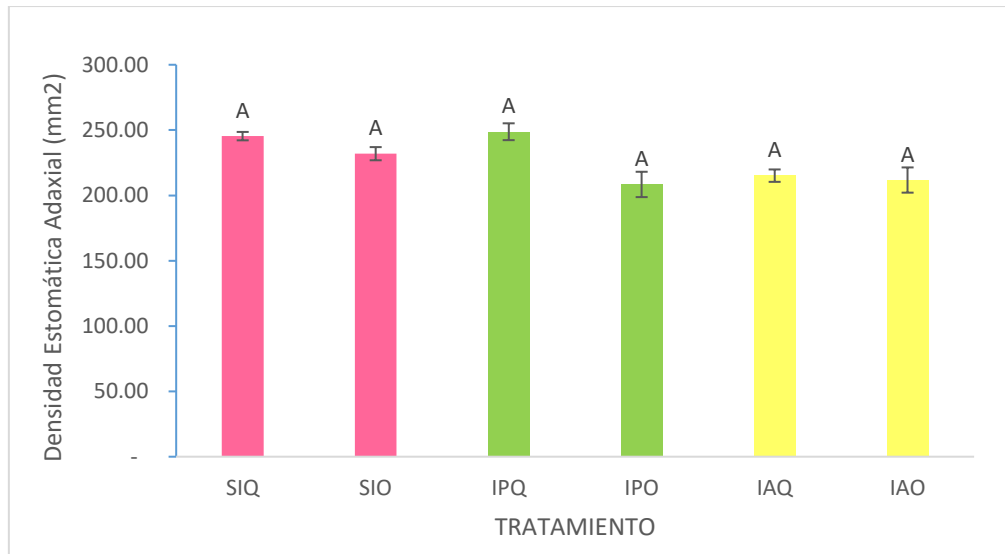


Figura 8. Densidad estomática adaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

Los resultados obtenidos anteriormente se pueden determinar cómo positivos de acuerdo con lo reportado por Pares *et al.* (2003) en donde menciona que la técnica del injerto afecta los valores de DE disminuyendo el número de estomas/mm², lo que provoca un aumento en la resistencia estomática, incrementando así la adaptabilidad de las plantas a condiciones de estrés.

4.4.2 Densidad estomática abaxial

En la comparación de medias (LSD) se encontró que el efecto de los dos tipos de injerto fue altamente significativo ($p < 0.001$) sobre densidad estomática abaxial de plantas de pepino, en donde las plantas sin injerto presentaron un incremento del 28.62% en relación al injerto de aproximación y 22.9% en relación a las plantas con injerto de púa. En cuanto al tipo de fertilización no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

En la figura 9 podemos observar la interacción de los factores, donde se obtuvo que las plantas sin injerto con fertilización química presentaron la mayor densidad estomática, con un 33.33% en relación a las plantas con injerto de aproximación con el mismo tipo de fertilización.

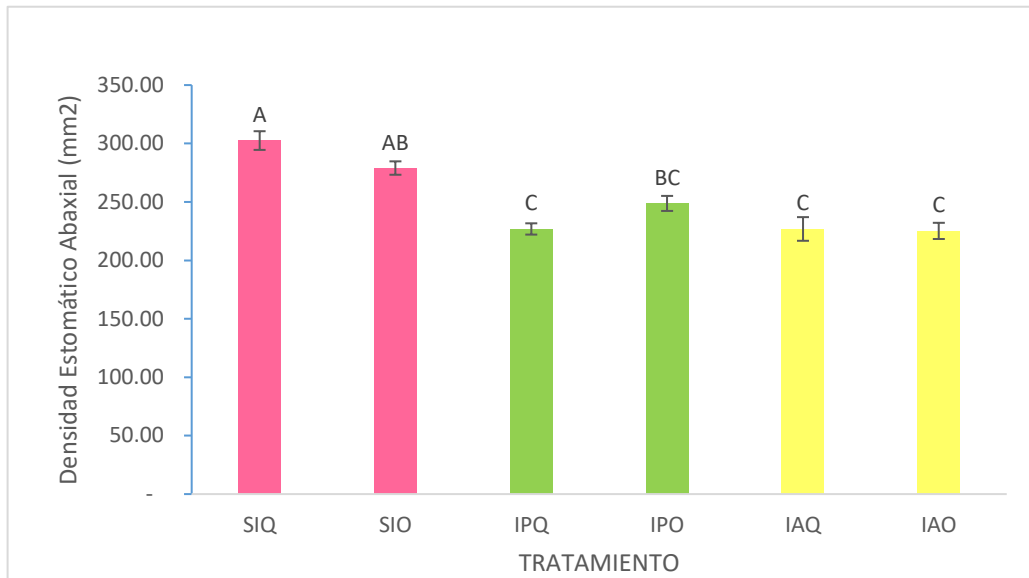


Figura 9. Densidad estomática abaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

En este estudio se encontró mayor densidad estomática en la parte abaxial de la hoja lo cual coincide con lo mencionado por Martín y Glover (2007), quien señala que la densidad estomática es mayor en la superficie abaxial de la hoja y ya que la hoja esta menos expuesta al calentamiento por lo tanto esto ayuda a una menor perdida de agua.

4.5 Índice estomático

4.5.1 Índice estomático adaxial

En la comparación de medias (LSD) se encontró que el efecto de los dos tipos de injerto fue altamente significativo ($p < 0.001$) sobre el índice estomático adaxial en donde las plantas de pepino sin injerto presentaron un incremento del 17.94% en relación a las plantas con injerto de aproximación y 19.15% en relación con injerto de púa. En cuanto al tipo de fertilización ($p \leq 0.02$), los valores más altos de índice estomático adaxial se obtuvieron con la fertilización orgánica.

En cuanto a la interacción de los factores se encontró una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) en donde las plantas no injertadas con fertilización orgánica

presentaron en el índice estomático un incremento del 32.85% en relación a las plantas con injerto de aproximación con el mismo tipo de fertilización (Figura 10).

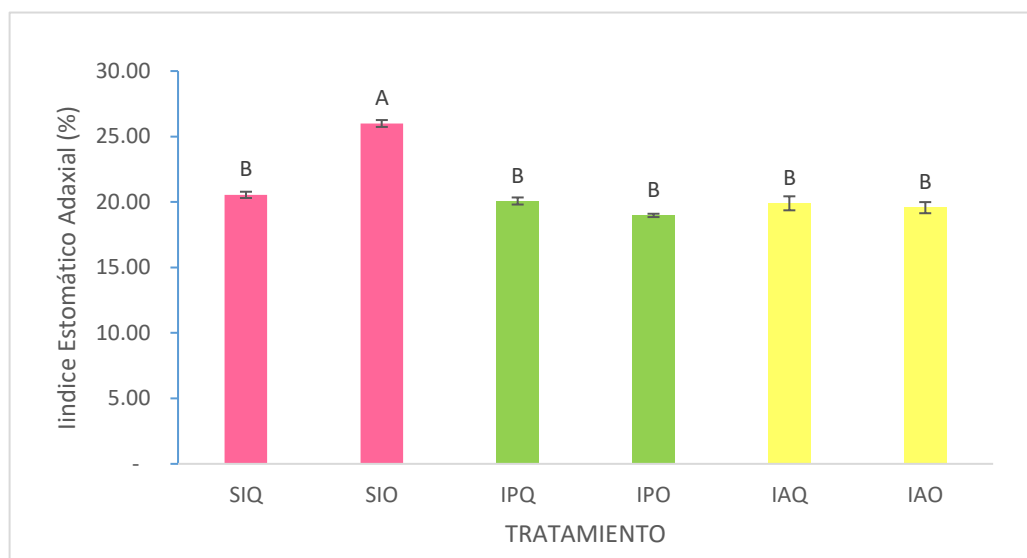


Figura 10. Índice estomático adaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

El hecho de que el índice estomático sea mayor puede ser de utilidad ya que resulta un buen indicador para la selección de plántulas (Barrientos-Priego et al., 2003). Los resultados obtenidos en cuanto al índice estomático pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales que se presenten, así este valor también depende de la parte de la hoja que se utilice para realizar el estudio (Roth *et al.*, 1986).

4.5.2 Índice estomático abaxial

En la comparación de medias (LSD) se encontró que el efecto de los dos tipos de injerto fue altamente significativo ($p < 0.001$) sobre el índice estomático abaxial en donde las plantas de pepino sin injerto presentaron un incremento del 23.73% en relación a las plantas con injerto de aproximación y 18.51% en relación con injerto de púa. En cuanto al tipo de fertilización ($p \leq 0.01$), los valores más altos de índice estomático se obtuvieron en plantas de pepino con fertilización orgánica.

En la figura 9 se puede observar la interacción de los factores, donde se obtuvo que las plantas sin injerto con fertilización orgánica presentaron el mayor índice estomático, con un 20.84% en relación a las plantas con injerto de aproximación con el mismo tipo de fertilización.

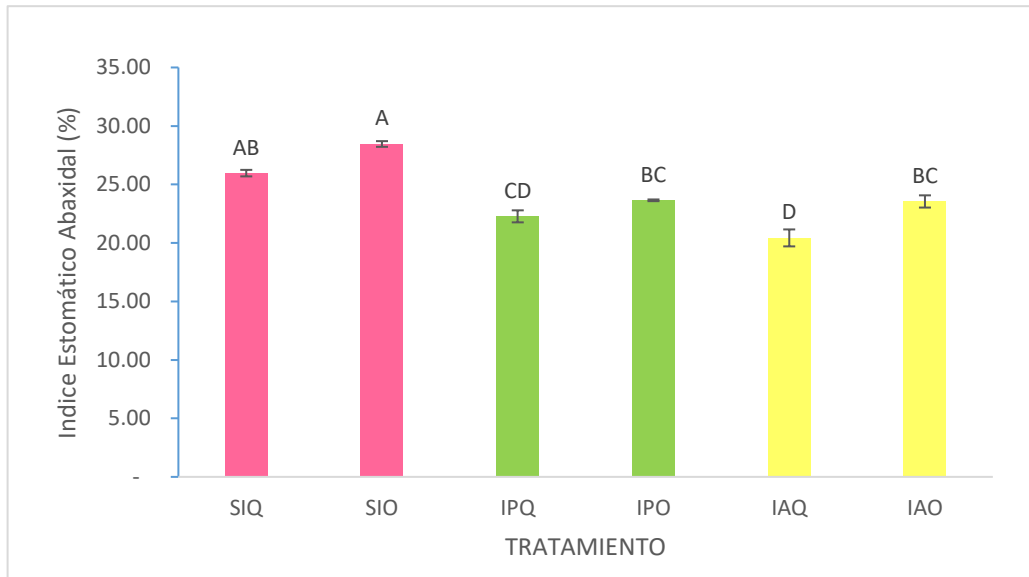


Figura 11. Índice estomático abaxial de plantas de pepino injertadas con dos tipos de injerto y fertilización.

Pares *et al.* (2003) basándose en estudios realizados sobre densidad e índice estomático, mencionan que la técnica del injerto afecta los valores de DE y IE disminuyendo el número de estomas y esto coincide con los resultados obtenidos en la figura 11 en donde plantas sin injerto presentan mayor índice estomático, además otros autores Parés-Martínez *et al.* (2004) también sostienen que el injerto causa modificaciones en los estomas sobre la epidermis de las hojas, causando un menor índice y cantidad de estomas por unidad de área en plantas injertadas

V. CONCLUSIÓN

Los aspectos fisiológicos fueron influenciados por el injerto, así como también se obtuvieron resultados positivos en el aumento del área foliar y materia seca en las plantas de pepino, siendo el injerto de aproximación el que presentó los valores más altos, superando a la técnica de púa.

Con el uso del injerto se presentaron cambios en la micromorfología de la epidermis de las hojas en donde la técnica del injerto disminuyó el índice y densidad estomática.

En cuanto al tipo de fertilización no se encontraron diferencias significativas que indicaran la influencia de este factor sobre los cambios encontrados en la productividad, micromorfología y fisiología del cultivo de pepino.

VI. LITERATURA CITADA

- Amaro, J. A. P.; Moya, E. G.; Quiroz, J. F. E.; Carrillo, A. R. Q.; Pérez, J. P. y Garay, A. H. 2012.** Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 42(3): 447-458.
- Barrientos-Priego, A. F., Borys, M. W., Trejo, C., y López-López, L. (2003).** Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. *Revista Fitotecnia.* 26(4), 285-290.
- Bisognin D.A. 2002.** Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciência Rural*, Volumen 32, Número 5 Bolaños, H.A.1998. Introducción a la olericultura, Editorial Universal Estatal a Distancia, San José, C. R.
- Bolaños, H. A. 1998.** Introducción a la olericulturra, Editorial, Universal Estatal a Distancia, San José, C. R.
- Castaños, C. M. 1993.** Horticultura manejo simplificado. Primera edición en español. Editado por la UACH. Chapingo, México.
- Cifuentes, R., colmenares A. S., de León, E., Gonzales X. (2013).** Efecto de la sustitución parcias de fertilizante inorgánico por compost sobre el rendimiento y la calidad del tomate de invernadero (*Solanum lycopersicum L.*) en Sololá. Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos. Facultad de Ingeniería Universidad del Valle Guatemala.
- Croxdale, J. 2000.** Stomatal patterning in angiosperms. *American Journal of Botany* 87 (8):1069-1080.
- Cruz, F. G. 1990.** Injerto en cuña. Un nuevo método de injerto para cucurbitáceas. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros.* (56): 81-90.

De la Torre, F. 2005. Injertos Hortícolas. En Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Ed. I. M. Cuadrado-Gómez, M. C. García-García y M. M. Fernández- Fernández. Curso de Especialización. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera -IFAPA- CIFA, Almería, España.

FAOSTAT-Trade, 2011. Tops exports. Cucumbers and gherkings-2008. FAOSTAT.

Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estan, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Campos, J.F., Gracia-Abellan, J.O., Egea, M.I., Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F., Bolarin, M.C., 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Sci. Hortic.* 125, 211–217.

Flores-Vindas, E. 1999. La planta. Estructura y función. Vol 1. Libro Universitario Regional. (LUR). Costa Rica

Gálvez, F. 2004. El cultivo de pepino en invernadero. Editor Manual de Producción hortícola en invernadero, 2º Edición. P. 282-293

García, A. N. 2004. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en tres ciclos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Gil-Marín, J. A.; Rodríguez, R.; Jasso-Cantú, D. y Zermeño, A. 2006. Resistencia estomática, transpiración y potencial hídrico en sábila con diferentes condiciones ambientales. *Terra Latinoam.* 24(3):355-365.

Godoy-Hernandez, H. y J. Z. Castellanos. 2009. En injerto en tomate. In: Manual de producción de tomate en invernadero. J. Z. Castellanos (Ed.). Intagri. Pp. 93-104.

Gómez C. M. Á. Schwentesius R. R., Gómez T. L. y Lobato G. A. J. 2005. Alcultura orgánica en México ¿Un panorama verde? III Encuentro mesoamericano y

del Caribe de productores experimentadores e investigadores en producción orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Pp 8.

Gómez, P. A. y Carmelo, A. F. L. 2002. Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmosferas controladas. Hort Brasil. 20:38-43

Hartman H T, D E Kester. 1984. Propagación de Plantas. Continental, S.A. de C.V., México. 915 p.

Hernandez, C. J. A. 2013. Regulación del cierre estomático: una función representada por varios actores. Grupo de biotecnología de frutales, CEBAS.

Hernández-González, Z.; Sahagún-Castellanos, J.; Espinosa-Robles, P.; ColinasLeón, M. T. y Rodríguez-Pérez, J. E. 2014. Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. Rev. Fitotec. Mex. 37(1):41-47.

Hoyos, P., Molina, S., Pérez, R., Ramos, D., Robles, P., Rodríguez, A. y Tena, P. 2009. Influencia de la desinfección del suelo con vapor de agua y del injerto en la producción de tomate. En: Experimentación Hortícola en las campañas 2006/2007 y 2007/2008 en el C.A. de Marchamalo (Guadalajara): 9-36. Edición conjunta: J.C.C.L.M y EUITA de la U.P.M.

Hoyos Echevarría, P. 2012. El injerto en pepino corto tipo español (*Cucumis sativus* L.). Recomendaciones para su empleo en la zona central española. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

Infoagro. 2011. El cultivo de pepino. Consultado el 6 de abril del 2011. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>

Kubota C. M., N. McClure, M. G. Kokalis-Burelle and E. N. Roskopf. 2008. Vegetable grafting: history, use and current technology status in North America. Hort Science 43:235-239.

- Llacuna L, Mach N. 2012.** Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética 16: 16-24.
- Lee J-M., Kubota C., Tsao S.J., Bie Z., Hoyos Echevarría P., Morra L. y Oda M. 2010.** Current status of vegetable grafting: Difusión, grafting techniques, automation. Scientia Horticulturae 127:93-105.
- Lindorf, H., L. Parisca y P. Rodriguez. 1986.** Botánica. Clasificación, estructura y reproducción. Ediciones de la biblioteca de la Universidad Central de Venezuela. 584 p.
- López, A. C. 2003.** Guía técnica; cultivo de pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal.
- Madrigal, A. A. 2006.** Diseño de un manual de buenas prácticas agrícolas para ser utilizado en la producción de pepino en un invernadero de alta tecnología, en Zarcero, Alajuela. Instituto tecnológico de costa rica escuela de ingeniería agropecuaria administrativa, Cartago. Pp. 34-38.
- Maroto, J. V. 2002.** Horticultura Herbácea Especial. 5ta edición. Mundi-Prensa España. Pp. 533-562.
- Márquez, H. C., Cano R. P. y Martínez C.V. 2005.** Fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero. In: Olivares S.E. (ed). Tercer simposio internacional de producción de cultivos en invernadero. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L. México.
- Márquez, H.C, Cano, R.P, Chew, M. Y. I, Moreno, R.A, Rodríguez, D.N. 2006.** Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 12: 183-189.
- Maršić, N. K. and Jakše, M. 2010.** Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. Journal of Food Agriculture & Environment. 8(2), 654-658.

- Martínez-Ballesta M.C., Alcaraz-López C., Muries B., Mota-Cadenas C. y Carvajal M. 2010.** Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*. 127(2):112-118.
- Martin, C., y B. Glover. 2007.** Aspectos funcionales del patrón celular en la epidermis aérea. (En inglés) *Curr. Opin. Plant Biol.* 10:70-82.
- Maršić, N. K. and Jakše, M. 2010.** Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. *Journal of Food Agriculture & Environment*. 8(2), 654-658.
- Mencuccini, M. 2003.** The ecological significance of long-distance water transport: short-term regulation, long-term acclimation and the hydraulic costs of stature across plant life forms. *Plant Cell Environ.* 26:163-182.
- Narro, C. A. 1989.** Acolchado de suelo, Fertilización y programas de riego en el cultivo de pepino Pickles (*Cucumissativus* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ozores-Hampton, M., Zhao, X. 2010.** Introducción a la Tecnología de Injertos a la Industria de Tomate en la Florida: Beneficios Potenciales y Retos. Departamento de Horticultural Sciences. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida.
- Pacas H., C. R. 2002.** Efecto de la composta en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Tesis de licenciatura de Producción. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pares, J., M. Arizaleta y M. Sanabría. 2003.** Características de los estomas, densidad e índice, estomático y su variación en función a la enjertación en *Annona muricata* y *A. montana* (ANNONACEAE). Mimeografiado en vía de publicación. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Decanato de Agronomía. Dpto. De Fitotecnia.

- Parés-Martínez, J., Arizaleta, M., Sanabria, M. E., y Brito, L. 2004.** Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la enjertación en *Annona muricata* L. y *A. montana* MADFAC. Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental. 16(3), 213-218.
- Peralta-Manjarrez, R. M., Cabrera-De la Fuente, M., Morelos-Moreno, A., Benavides Mendoza, A., Ramírez-Godina, F., y González Fuentes, J. A. 2016.** Micromorfología del pepino obtenido mediante injerto y desarrollado en dos sistemas de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pp. 3453-3463.
- Person, L. 1983.** Manual para la educación Agropecuaria. Mex. SEP. Dirección General de Educación Técnica Agrícola. Editorial Trillas, México.
- Porras, P. 2005.** Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos. In: fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. Cevipapa, Bogotá. 99 p.
- Potters, G., T. P. Pasternak., Y. Guisez., K. J. Palme y M .A. K. Jansen. 2007.** Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends Plant Sci.* 12(3), 99-105.
- Rijk Zwaan. 2015.** Empresa semillera. México S.A. de C.V.
- Ruiz, M., D. Nieto e I. Larios. 1962.** Tratado elemental de botánica. Séptima edición. Editorial E.C.L.A.L. México. 730 p.
- Rijk Zwaan. 2015.** Empresa semillera. México S.A. de C.V.
- Roth, I., T. Merida y H. Lindorf. 1986.** Morfología y anatomía foliar de plantas de la Selva Nublada de Rancho Grande. Parque Nacional "Henry Pittier". El ambiente físico, ecología general y anatomía vegetal. Fondo Editorial *Act. Cient. Venezolana*. 205-241 p.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2006. www.sagarpa.gob.mx (mayo 2006).

Sánchez N. J. 2007. Fertilizantes, El alimento de nuestro alimento. Editorial Trillas. México.

Schoch, P., C. Zinsou, y M. Sibi.1980. La dependencia del índice estomático en los factores ambientales durante la diferenciación estomática en las hojas de *Vigna sinensis* L: Efecto de diferente intensidad de luz. (En inglés) J. Exp. Bot. 31:1211-1216.

Schwarz, D.; Rouphael, Y.; Colla, G. and Venema, J. H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. Sci. Hort. 127:162-171.

SIAP (Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2016. SAGARPA, México.

Taylor, S. H.; Franks, P. J.; Hulme, S. P.; Spriggs, E.; Christin, P. A.; Edwards, E. J.; Woodward, F. and Osborne, C. P. 2012. Photosynthetic pathway and ecological adaptation explain stomatal trait diversity amongst grasses. New Phytol. 193(2):387-396.

Tiscornia Julio R. 1983. Hortalizas de Fruto. Editorial ALBAROS. Buenos aires, Argentina.

Toral, M.; Manríquez, A.; Navarro-Cerrillo, R.; Tersí, D. y Naulin, P. 2010. Características de los estomas, densidad e índice estomático en secuoya (*Sequoia sempervirens*) y su variación en diferentes plantaciones de Chile. Bosque (Valdivia). 31(2):157-164.

Valadez, L. A. 1989. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. grupo noriega editores. Balderas 95, D.F.

- Vareschi, V. 1992.** Sobre formas biológicas de la vegetación tropical. Bol. Soc. Venezolana de Cienc. Natur.26:504-518.
- Vasco, M. R. 2003.** El cultivo del pepino bajo invernadero. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (ed). Caja Rural Intermediterranea, Cajamar. Almeria, Epaña. Pp. 691/792.
- Wang, S.Y. 2006.** Effect of Pre-harvest Conditions on Antioxidant Capacity in Fruits. Acta Horticulturae 712: 299-306.
- Wilkinson, H.P. 1979.** The plant surface (mainly leaf). In: C.R. Metalcafe, and L. Chalk, editors, Anatomy of the dicotyledons. Vol. 1. Claredon Press, Oxford, USA. p. 97-117.
- Zamudio, G. B. y Felix, R. A. 2014.** Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza para la variable Área Foliar de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31534816.91	5	6306963.38	3.89	0.0144
Injerto	19213050.46	2	9606525.23	5.93	0.0105
Fertilización	32221.22	1	32221.22	0.02	0.8894
Injerto*Fertilización	12289545.23	2	6144772.62	3.79	0.0422
Error	29156670.36	18	1619815.02		
Total	60691487.23	23			

ANEXO 2. Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Aprox.	6889.83	8	449.97 A
Púa	6282.03	8	449.97 A
Sin Injerto	4762.37	8	449.97 B

ANEXO 3. Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Química	6014.72	12	367.40 A
Orgánica	5941.44	12	367.40 A

ANEXO 4. Comparación de medias de la variable Área Foliar en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Aprox.	Orgánica	7862.49	4	636.36 A
Púa	Química	6887.18	4	636.36 AB
Aprox.	Química	5917.17	4	636.36 BC
Púa	Orgánica	5676.89	4	636.36 BC
Sin Injerto	Química	5239.81	4	636.36 BC
Sin Injerto	Orgánica	4284.92	4	636.36 C

ANEXO 5. Análisis de varianza para la variable Biomasa Seca de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1014.65	5	202.93	3.93	0.0139
Injerto	739.03	2	369.52	7.15	0.0052
Fertilización	27.41	1	27.41	0.53	0.4758
Injerto*Fertilización	248.20	2	124.10	2.40	0.1190
Error	930.40	18	51.69		
Total	1945.05	23			

ANEXO 6. Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Púa	47.63	8	2.54 A
Aprox.	36.71	8	2.54 B
Sin Injerto	35.15	8	2.54 B

ANEXO 7. Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Química	40.90	12	2.08 A
Orgánica	5941.44	12	2.08 A

ANEXO 8. Comparación de medias de la variable Biomasa Seca en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Púa	Química	49.57	4	3.59 A
Púa	Orgánica	45.68	4	3.59 A
Aprox.	Orgánica	39.94	4	3.59 AB
Sin Injerto	Química	39.65	4	3.59 B
Aprox.	Química	33.47	4	3.59 B
Sin Injerto	Orgánica	30.66	4	3.59 B

ANEXO 9. Análisis de varianza para la variable Conductancia Estomática de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	182294.70	5	36458.94	8.37	0.0003
Injerto	146606.79	2	73303.40	16.82	0.0001
	34998.84	1	34998.84	8.03	0.0110
Fertilización					
Injerto*Fertilización	689.06	2	344.53	0.08	0.9243
Error	78450.82	18	4358.38		
Total	260745.52	23			

ANEXO 10. Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	502.40	8	23.34 A
Púa	472.23	8	23.34 A
Aprox.	323.59	8	23.34 B

ANEXO 11. Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Orgánica	470.93	12	19.06 A
Química	394.55	12	19.06 B

ANEXO 12. Comparación de medias de la variable Conductancia Estomática en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	Orgánica	543.40	4	33.01 A
Púa	Orgánica	515.10	4	33.01 AB
Sin Injerto	Química	461.40	4	33.01 B
Púa	Química	429.35	4	33.01 BC
Aprox.	Orgánica	354.28	4	33.01 CD
Aprox.	Química	292.90	4	33.01 D

ANEXO 13. Análisis de varianza para la variable Densidad Estomática adaxial de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6213.93	5	1242.79	1.62	0.2046
Injerto	2575.96	2	1287.98	1.68	0.2140
Fertilización	2176.76	1	2176.76	2.84	0.2140
Injerto*Fertilización	1461.22	2	730.61	0.95	0.4038
Error	13783.63	18	765.76		
Total	19997.57	23			

ANEXO 14. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	238.65	8	9.78 A
Púa	228.57	8	9.78 A
Aprox.	213.44	8	9.78 A

ANEXO 15. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Química	236.41	12	7.99 A
Orgánica	217.36	12	7.99 A

ANEXO 16. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Púa	Química	248.73	4	13.84 A
Sin Injerto	Química	245.37	4	13.84 A
Sin Injerto	Orgánica	231.93	4	13.84 A
Aprox.	Química	215.12	4	13.84 A
Aprox.	Orgánica	211.76	4	13.84 A
Púa	Orgánica	208.40	4	13.84 A

ANEXO 17. Análisis de varianza para la variable Densidad Estomática abaxial de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21074.65	5	4214.93	5.06	0.0045
Injerto	19007.10	2	9503.55	11.42	0.0006
Fertilización	7.53	1	7.53	0.01	0.9253
Injerto*Fertilización	2060.01	2	1030.01	1.24	0.3136
Error	14981.23	18	832.29		
Total	36055.87	23			

ANEXO 18. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	290.75	8	10.20 A
Púa	237.81	8	10.20 B
Aprox.	226.04	8	10.20 B

ANEXO 19. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Química	252.09	12	8.33 A
Orgánica	250.97	12	8.33 A

ANEXO 20. Comparación de medias de la variable Densidad Estomática abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	Química	302.51	4	14.42 A
Sin Injerto	Orgánica	278.98	4	14.42 AB
Púa	Orgánica	248.73	4	14.42 BC
Aprox.	Química	226.88	4	14.42 C
Púa	Química	226.88	4	14.42 C
Aprox.	Orgánica	225.20	4	14.42 C

ANEXO 21. Análisis de varianza para la variable Índice Estomático adaxial de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	132.93	5	26.59	14.64	<0.0001
Injerto	70.86	2	35.43	19.51	<0.0001
Fertilización	10.77	1	10.77	5.93	0.0255
Injerto*Fertilización	51.30	2	25.65	14.13	0.0002
Error	32.68	18	1.82		
Total	165.62	23			

ANEXO 22. Comparación de medias de la variable Índice Estomático adaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	23.27	8	0.48 A
Púa	19.73	8	0.48 B
Aprox.	19.53	8	0.48 B

ANEXO 23. Comparación de medias de la variable Índice Estomático adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Química	21.51	12	0.39 A
Orgánica	20.17	12	0.39 B

ANEXO 24. Comparación de medias de la variable Índice Estomático adaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	Orgánica	26.00	4	0.67 A
Sin Injerto	Química	20.54	4	0.67 B
Púa	Química	20.08	4	0.67 B
Aprox.	Química	19.90	4	0.67 B
Aprox.	Orgánica	19.57	4	0.67 B
Púa	Orgánica	18.98	4	0.67 B

ANEXO 25. Análisis de varianza para la variable Índice Estomático abaxial de plantas de pepino.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	159.21	5	31.84	9.91	0.0001
Injerto	123.61	2	61.81	19.24	0.0001
Fertilización	32.47	1	32.47	10.11	0.0052
Injerto*Fertilización	3.13	2	1.57	0.49	0.6222
Error	57.82	18	3.21		
Total	217.03	23			

ANEXO 26. Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con injerto de púa, aproximación y son injerto.

Injerto	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	27.21	8	0.63 A
Púa	22.96	8	0.63 B
Aprox.	21.99	8	0.63 B

ANEXO 27. Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica.

Fertilización	Medias	n	E.E.
Orgánica	25.22	12	0.52 A
Química	22.89	12	0.52 B

ANEXO 28. Comparación de medias de la variable Índice Estomático abaxial en plantas de pepino con fertilización química y orgánica e Injerto de púa, aproximación y sin injerto.

Injerto	Fertilización	Medias	n	E.E.
Sin Injerto	Orgánica	28.46	4	0.90 A
Sin Injerto	Química	25.97	4	0.90 AB
Púa	Orgánica	23.65	4	0.90 BC
Aprox.	Orgánica	23.55	4	0.90 BC
Púa	Química	22.27	4	0.90 CD
Aprox.	Química	20.43	4	0.90 D

ANEXO 29. Fuentes y cantidad de fertilizante (g) utilizado para solución química y orgánica.

Fertilización química Steiner

CE: 1.8 a 2.0 dSm, pH: 6.8, Ac. Fosfórico para ajustar pH.

Concentración de nutrientes	Fertilización	Cantidad de fertilizante			
		25%	50%	75%	100%
Nitrógeno 167ppm	Nitrato de calcio	0.2655	0.531	0.7965	1.062
Fosforo 31ppm	Nitrato de potasio	0.07575	0.1515	0.22725	0.303
Magnesio 49ppm	Sulfato de magnesio	0.123	0.246	0.369	0.492
Potasio 277pmm	Sulfato de potasio	0.06525	0.1305	0.19575	0.261
Calcio 183ppm	Fosfato de potasio	0.034	0.068	0.102	0.136
Azufre 67ppm	Acido-etilien-diamin-dihidroxifenil	0.0125	0.025	0.0375	0.05
Hierro 3ppm	Quelato de fierro	0.0125	0.025	0.0375	0.05

Magnesio 1.97ppm	Sulfato de magnesio hidratado	0.0007	0.0014	0.0021	0.0028
Boro 0.44ppm	Ácido bórico	0.00005425	0.0001085	0.00016275	0.000217
Zinc 0.11ppm	Sulfato de zinc heptahidratado	0.0000975	0.000195	0.0002925	0.00039
Cobre 0.02ppm	Sulfato de cobre pentahidratado	0.00001975	0.0000395	0.00005925	0.000079
Molibdeno 0.007ppm	Molibdato de sodio	0.0000225	0.000045	0.0000675	0.00009

Solución Orgánica (Productos comerciales línea Tradecorp®)

CE: 1.8 a 2.0 dSm, pH: 6.8, Ac. Nítrico para ajustar pH.

Cantidad de producto (g o ml/200lts)				
Macro-Elem.	Plántula	C. Vegetativo	Floración	Fructificación
Producto	25%	50%	75%	100%
Delfan	50	100	150	200
Trafos Cu	15	30	45	60
Boramin Ca	10	20	30	40
Final K	10	20	30	40
Phostrade Mg	10	20	30	40
Aton Fe	25	50	75	100
Azufre elemental	2.5	5	7.5	10
Aton-Z	4	8	12	16

ANEXO 30 Medición de área foliar y conductancia estomática.



Medición del área foliar con un aparato llamado LI-COR modelo LI-3000A.

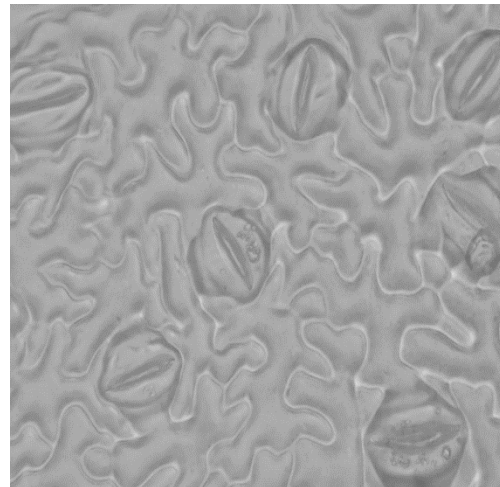


Medición de conductancia estomática mediante un porómetro modelo SC-1.

ANEXO 31 Fotografías de los estomas.



Estomas del haz de la hoja observados en microscopio con el objetivo 40X.



Estomas del envés de la hoja observados en microscopio con el objetivo 40X.