

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y Calidad Comercial de Pepino Injertado y Cultivado con
Nanopartículas de Selenio

Por:

JOSÉ EDUARDO DUARTE PRADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción y Calidad Comercial de Pepino Injertado y Cultivado con
Nanopartículas de Selenio

Por:

JOSÉ EDUARDO DUARTE PRADO

TESIS

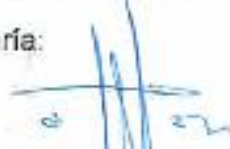
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Asesor Principal Interno



M.C. Eduardo Alfonso Treviño López
Asesor Principal Externo



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2018

Coordinación
División de Agronomía

DEDICATORIA

Con todo cariño y amor a los principales pilares de mi vida, mis padres Pedro Duarte Zaragoza y Angelina Prado Vázquez por enseñarme a ser responsable, trabajar de manera leal y honesta, gracias a ustedes me enorgullece decir que siempre están ahí para corregir mis faltas y celebrar cada uno de mis triunfos. Por esos momentos difíciles que siempre estuvieron para apoyarme y alentarme a seguir luchando por mis sueños, gracias por los momentos inolvidables de felicidad que he vivido a su lado no tengo palabras para decirles cuanto los amo y cuanto les agradezco todo lo que han hecho por mí.

A mis herman@s

Pedro Alberto, Guadalupe Rubí, Estrella Anahí, Ana Ángeles y Carlos Armando por apoyarme durante todo este camino que he recorrido y espero ser una fuente de inspiración, “cuando se quiere se puede”, espero que ustedes también logren lo que se propongan.

A mi tío el Doctor Juan Antonio Prado Vázquez, quien es una fuente de inspiración, admiración y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por guiarme y llenarme de bendiciones en mí camino y por permitirme tener la compañía de mis seres queridos.

A mi ALMA TERRA MATER

Por abrirme las puertas de esta que fue mi casa durante toda mi carrea, en ella me forme como persona y profesionista, me siento orgulloso de decir “soy Buitre de la Narro”.

Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por sus conocimientos brindados como asesor y catedrático. Muchas gracias.

M.C. Eduardo Alfonso Treviño López CIQA

Por su colaboración en la realización de este trabajo, su tiempo invertido y dedicación en la revisión del mismo, su apoyo incondicional y por ser un gran amigo.

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	I
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE CUADROS DE ANEXO.....	VII
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Objetivos	3
1.1.1. General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes Del Cultivo.....	3
2.2. Clasificación Taxonómica del Pepino.....	4
2.3. Descripción Botánica.....	4
2.3.1. Sistema radicular.....	4
2.3.2. Tallo.....	4
2.3.3. Hoja.....	4
2.3.4. Flor.....	5
2.3.5. Fruto.....	5
2.3.6. Semilla.....	5
2.4. Requerimientos Edafoclimaticos.....	6
2.4.1. Suelo.....	6
2.4.2. Humedad Relativa.....	6
2.4.3. Temperatura.....	6
2.4.4. Luminosidad.....	7
2.5. Importancia de la Fertilización en el Cultivo del pepino.....	7
2.6 Fenología del pepino.....	8
2.7. Plagas.....	8
2.8. Enfermedades.....	9
2.9. Producción Mundial y Nacional del Cultivo.....	10
2.10. Estándares de Calidad del Pepino.....	11

2.11. Valor Nutricional.	12
2.12. Absorción, asimilación, toxicidad y acumulación del selenio en plantas.....	13
2.13. Importancia del Selenio en la Dieta Humana.....	14
2.14. Biofortificación de Alimentos.....	14
2.15. Biofortificación en Frutas y Hortalizas.	15
2.16 Tipos de injertos en hortalizas.	16
2.17. Injerto en Hortalizas.....	17
2.18. Efecto del Injerto en la Calidad Comercial.	18
2.19. Funciones Metabólicas del Selenio en las Plantas.	19
2.20. Importancia de la Nanotecnología en los Cultivos Agrícolas.	20
2.21. Antecedentes de la Nanotecnología en la Producción de Hortalizas.	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Localización del Experimento.....	22
3.2. Material Vegetal.....	23
3.3. Siembra del Material Vegetativo.	23
3.4. Riego.....	23
3.5. Realización del injerto.	23
3.6. Manejo de Plántulas Post injerto.	24
3.7. Trasplante.....	24
3.8. Manejo de Plagas y Enfermedades.	24
3.9. Nutrición del Cultivo.....	24
3.10. Manejo Agronómico del Cultivo.....	25
3.11. Tratamientos Evaluados.	26
3.12. Variables Evaluadas.....	26
3.12.1. Longitud del Fruto.	27
3.12.2. Peso del fruto.	27
3.12.3. Diámetro del fruto.....	27
3.12.4. Firmeza de fruto.....	27
3.12.5. Rendimiento.....	27
3.12.6. Grados Brix.	28
3.12.7. Longitud de la guía principal.	28
3.12.8. Diámetro del tallo.	28
3.12.9. Numero de hojas.....	28

3.12.10. Numero de frutos.....	28
3.12.11. Peso fresco aéreo.....	28
3.12.12. Peso fresco raíz.	28
3.12.13. Longitud de raíz.....	29
3.12.14. Peso del tallo.....	29
3.12.15. Área foliar.....	29
3.12.16. Área foliar específica.....	29
3.13. Diseño Experimental	29
IV. Resultados y Discusión.....	30
4.1. Longitud del fruto.....	30
4.2. Peso del Fruto.	31
4.3. Diámetro del Fruto.....	32
4.4. Firmeza del fruto.....	33
4.5. Rendimiento.....	34
4.6. Grados Brix.	35
4.7. Longitud de la Guía Principal.....	36
4.8. Diámetro del Tallo.....	37
4.9. Número de Hojas.....	38
4.10. Número de Frutos.	39
4.11. Peso Fresco Aéreo.....	40
4.12. Peso Fresco Raíz.....	41
4.13. Longitud de Raíz.....	42
4.14-Peso del Tallo.....	43
4.15. Área Foliar.....	44
4.16. Área Foliar Específica.....	45
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. BIBLIOGRAFIA.....	47
VII. ANEXOS	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Extracción de nutrientes del cultivo de pepino por ciclo de producción...	7
Cuadro 2. Etapas fenológicas del cultivo del pepino.....	8
Cuadro 3. Principales plagas del cultivo del pepino.....	8
Cuadro 4. Top 10 en volumen de producción Principales entidades productoras...	11
Cuadro 5. Clasificación de la hortaliza por calibre y peso.....	12
Cuadro 6. Contenido de hierro y zinc en cultivos biofortificados.....	16
Cuadro 7. Propósitos del uso de plántulas injertadas de hortalizas.....	18
Cuadro 8. Ilustración de los tratamientos evaluados en el experimente.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud del fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	30
Figura 2. Peso del Fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	31
Figura 3. Diámetro del Fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	32
Figura 4. Firmeza del fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	33
Figura 5. Rendimiento del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	34
Figura 6. Grados brix del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	35
Figura 7. Longitud de la guía principal del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	36

Figura 8. Diámetro del tallo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	37
Figura 9. Numero de hojas del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	38
Figura 10. Numero de frutos del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	39
Figura 11. Peso fresco aéreo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	40
Figura 12. Peso fresco raíz del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	41
Figura 13. Longitud de la raíz del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	42
Figura 14. Peso del tallo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	43
Figura 15. Área foliar del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	44
Figura 16. Área foliar específica del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.....	45

INDICE DE CUADROS DE ANEXO

Tabla 1 A. Análisis de varianza para longitud de fruto.....	57
Tabla 2 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de fruto.....	57
Tabla 3 A. Análisis de varianza para peso de fruto.....	57
Tabla 4 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso de fruto.....	58
Tabla 5 A. Análisis de varianza para diámetro de fruto.....	58
Tabla 6 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; diámetro de fruto.....	58

Tabla 7 A. Análisis de varianza para firmeza de fruto.....	58
Tabla 8 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; firmeza de fruto.....	59
Tabla 9 A. Análisis de varianza para rendimiento.....	59
Tabla 10 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; rendimiento.....	59
Tabla 11 A. Análisis de varianza para grados brix.....	59
Tabla 12 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; grados brix.....	60
Tabla 13 A. Análisis de varianza para longitud de la guía principal.....	60
Tabla 14 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de la guía principal.....	60
Tabla 15 A. Análisis de varianza para diámetro del tallo.....	60
Tabla 16 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; diámetro del tallo.....	61
Tabla 17 A. Análisis de varianza para número de hojas.....	61
Tabla 18 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; número de hojas.....	61
Tabla 19 A. Análisis de varianza para número de frutos.....	61
Tabla 20 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; número de hojas.....	62
Tabla 21 A. Análisis de varianza para peso fresco aéreo.....	62
Tabla 22 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso fresco aéreo.....	62
Tabla 23 A. Análisis de varianza para peso fresco raíz.....	62
Tabla 24 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso fresco raíz.....	63
Tabla 25 A. Análisis de varianza para longitud de raíz.....	63
Tabla 26 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de raíz.....	63
Tabla 27 A. Análisis de varianza para peso del tallo.....	63
Tabla 28 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso del tallo.....	64

Tabla 29 A. Análisis de varianza para área foliar.....	64
Tabla 30 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; área foliar.....	64
Tabla 31 A. Análisis de varianza para área foliar específica.....	64
Tabla 32 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; área foliar específica.....	65

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la Producción y calidad comercial de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio. La investigación se llevó a cabo en un invernadero experimental de mediana tecnología perteneciente al departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizó como portainjerto *Cucúrbita máxima x mostacha* y como injerto se utilizó la variedad induran (*Cucumis sativus L.*) ambos materiales son de la casa comercial Rijk Zwan. En cuanto a la investigación se encontró que el injerto influyó de manera positiva en el peso del fruto, diámetro del fruto, rendimiento, número de hojas, número de frutos, área foliar específica y en cuanto a la aplicación de nanopartículas de NPs Se, afectan de manera positiva en firmeza del fruto, diámetro de tallo, peso fresco aéreo, peso fresco raíz, longitud de raíz, peso del tallo y área foliar, en cuanto a las variables longitud de fruto, grados brix, longitud de la guía principal no mostraron un efecto positivo en ningún factor. Por lo tanto las plantas injertadas y cultivadas con NPs de Selenio generan mayores rendimientos.

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas exportadas (FAO, 2010). El pepino es una hortaliza de alto impacto económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo. Hay variedades de alto rendimiento y prácticas de manejo que permiten optimizar su producción bajo invernadero (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

Coppo, (2009), establece que la utilidad de insumos agrícolas a nanoescala, entre las que destaca: “mejora de la producción, agricultura de precisión, plaguicidas, herbicidas, invernaderos, reducción del uso de agua de riego, suelo, fertilizantes y fitosanitarios, detección de niveles de agua, nitrógeno, nutrientes, plagas, polen y agroquímicos”.

La biofortificación es el aumento en el valor nutricional de los alimentos vegetales obtenido mediante métodos convencionales de mejoramiento de cultivos o técnicas de ingeniería genética, el cual contrasta con la fortificación poscosecha, en la que los nutrientes son agregados durante el procesamiento (Tesauro, 2013).

Los alimentos vegetales, como las verduras, son las fuentes de selenio más comunes en la dieta. La cantidad de selenio presente en las verduras que se consumen depende de la cantidad de este mineral que estaba presente en el suelo donde la planta creció.

Objetivos

1.1.1. General.

Determinar el comportamiento de las plantas de pepino injertadas y cultivadas con nanopartículas de selenio.

1.1.2 Específicos.

Identificar el comportamiento específico de las variables agronómicas y productivas de las plantas de pepino.

Cuantificar la producción y calidad de los frutos de pepino.

Hipótesis.

El cultivo del pepino tendrá un comportamiento heterogéneo en función de la dosis de selenio en que fue cultivado.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes Del Cultivo.

El pepino es originario de la India se cultiva en el norte de Asia desde hace 3.000 años, el cultivo se extendió a Grecia e Italia, para después llegar a China. Su introducción al resto de los países europeos probablemente se debió a los romanos quienes eran grandes consumidores de pepino y lo fueron introduciendo a medida que avanzaban sus conquistas. Existen datos que manifiestan que el cultivo del pepino en Francia se remonta al siglo IX, en Gran Bretaña al siglo XIV y en Norte América al siglo XVI, según Komsly y Ellis, (2000).

2.2. Clasificación Taxonómica del Pepino.

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus. L*) pertenece al reino vegetal su división es Embryophita siphonogama (fanerogamas) así como su subdivisión Angiospermae. El pepino tiene clase Dicotiledoneae y su orden es Cucurbitaceae. Como ya se sabe el pepino es del género *Cucumis* y tiene como especie *sativus* es por eso que su nombre científico es *Cucumis sativus. L* (Maroto, 2002).

2.3. Descripción Botánica.

2.3.1. Sistema radicular.

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 (SAG, 2005).

2.3.2. Tallo.

Es herbáceo, de color verde, anguloso, cuadrangular, (con vellosidad), su crecimiento es tipo indeterminado, rastrero y trepador. El tallo principal da origen a la división en diferentes ramas laterales, sobre él se desarrollan nudos y de cada nudo se emite una hoja y un zarcillo, este sale del nudo opuesto a las hojas (estos zarcillos son hojas adaptadas a la función trepadora), en la axila de cada hoja aparece un brote lateral y una o varias flores (Semillaria, 2010).

2.3.3. Hoja.

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 (SAG, 2005).

2.3.4. Flor.

En las axilas de las hojas nacen flores gamopétalas, masculinas y femeninas, flores unisexuales en plantas monoicas. Estas, una vez polinizadas, darán origen al fruto, diferenciándose fácilmente unas de otras porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente por un diminuto pepino cubierto de vello y que se desarrolla antes de la floración. Las flores del pepino son de color amarillo oro intenso, de corto pedúnculo, solitarias las femeninas y agrupadas las masculinas, a veces en parejas y también hasta tres flores por nudo. La corola es el segundo verticilo del periantio con antófilos o pétalos, gamopétala, simetría actinomorfa o regular, ovario fusiforme adherente al cáliz y éste solidario a la corola de 5 pétalos, de 3-4 cm de diámetro (Reche, 2011).

2.3.5. Fruto.

Pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que cambia desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto. Dichas semillas se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento (SAG, 2005).

Se tiene reportado que el número de frutos oscila entre 5 a 41 por planta, lo cual dependerá de la variante cultivada, del uso de reguladores hormonales y de las condiciones del medio ambiente (Cardoso, 2002; Hossain. *et al.*, 2002).

2.3.6. Semilla.

Esta compuesta por los tegumentos que las protegen, las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante, ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de pepino son más pequeñas que las del melón, ovales, inmaduras, aplastadas, lisas y de color amarillento blanquecino, terminadas en un extremo más agudo. Un gramo contiene unas 30-45 semillas, dependiendo del tipo de pepino y de la

variedad, tienen menos de 10 mm de largas y 0.3-0.5 cm de ancho. Su facultad germinativa dura aproximadamente 4-5 años, aunque para la siembra es preferible semillas que no hayan rebasado los 2-3 años (Mármol, 2011).

2.4. Requerimientos Edafoclimáticos.

2.4.1. Suelo.

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 (USAID, 2007).

2.4.2. Humedad Relativa.

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, la humedad relativa óptima durante el día es 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 (Alvarado. *et al.*, 2014).

2.4.3. Temperatura.

Es clave en la definición del momento de siembra y por lo tanto sobre la duración de las diferentes fases fenológicas, las cuales afectan la productividad de los cultivos ya que incide sobre la tasa de producción y el área foliar que conforma el dosel vegetal, a través del cual los cultivos interceptan la radiación solar y realizan los procesos metabólicos tendientes a la acumulación de foto asimilados Hoyos. *et al.*, 2012. El pepino es adaptable a climas cálidos y templados, sin embargo su crecimiento se detiene con temperaturas inferiores a 14°C y mayores de 40°C. La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación (Oidor, 2013).

2.4.4. Luminosidad.

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas. A mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. Una alta intensidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja intensidad de luz, la reduce (Casaca, 2005).

2.5. Importancia de la Fertilización en el Cultivo del pepino.

En la fertilización debe haber un balance nutricional con todos los elementos necesarios para el buen desarrollo del pepino. Aún más importante que la fertilización es manejar correctamente el agua de riego, el cual es un factor crítico para obtener una óptima nutrición ya que la mayoría de la nutrición que logra el cultivo es a través del agua en el suelo. Es preciso enfatizar que el riego es el nutriente más importante que tiene la planta. Si se riega mucho se lixivia y se diluyen los nutrientes. Si se riega poco la planta no tiene disponibilidad de los mismos. Es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentales: el contenido nutricional de los materiales a utilizar (fertilizantes, abonos y/o enmiendas), los requerimientos nutricionales de las plantas y el contenido nutricional del suelo (Intagri, 2014).

Macronutrientes			Micronutrientes		
Elemento	EXTRACCIÓN		Elemento	EXTRACCIÓN	
	Kg/ha	g/m ²		g/ha	mg/m ²
N mineral	140	14	Fe	600	60
P ₂ O ₅	26	2.6	Mn	400	40
K ₂ O	180	18	Cu	500	50
Ca	23	2.3	Zn	300	30
Mg	13	1.3	B	200	20
S	30	3			

Fuente: Intagri 2014

2.6 Fenología del pepino.

Cuadro 2. Etapas fenológicas del cultivo del pepino.

Etapa fenologica	Dias despues de la siembra (dds)
Emergencia (germinación)	4-6
Inicio de emicion de gias	15-24
Inicio de la floración	25-34
Inicio de la cosecha	43-50
Fin de la cosecha	75-90

Fuente: (cano, 2005)

2.7. Plagas.

Cuadro 3. Principales plagas del cultivo del pepino.

Plagas	Producto e Ingrediente Activo	Dosis. ha ⁻¹	Época de Aplicación
Minador de la hoja <i>Liriomyza</i> spp	Cyromazina 75 gia TRIGARD75 PH Abamectina 9 gia AGRIMEC 1.8 CE AGRIVER 1.8 CE	0.1 kg 0.5 L 0.5 L	Iniciar la aplicación cuando se encuentren de 20 a 25 % de hojas con una o más minas.
Mosquita blanca <i>Bemisia argentifolii</i> B&P <i>B. tabaci</i> Gen	Imidacloprid 350 gia CONFIDOR 350 SC GAUCHO 70 WS Endosulfán 700 gia THIODAN 35 Metamidofos 600 gia TAMARON 600 Fenpropatrim187.5gia	1.0 L 0.07 kg 2.0 L 1.0 L	Aplicar al observar los primeros adultos.

	HERALD 375 Bifentrina 50 gia TALSTAR100 CE	0.5 L 0.5 L	
G. barrenador de la guía <i>Diaphania nitidolis</i> Stol G. barrenador del fruto <i>Diaphania hyalinata</i> Linn	Bacillus thuriengensis DIPEL DF MVP XENTARI Spinosad 36 gia TRACER 480 Fenvalerato 150 gia BELMARK 300	0.75 kg 3.0 L 2.0 kg 0.075 L 0.5 L	Al detectar las primeras larvas en flores, frutos o guías
Pulgón <i>Aphis gossypii</i> Glover	Imidacloprid 350 gia CONFIDOR 350 SC GAUCHO 70WS Diazinon 345 gia BASUDIN Metamidofos 600 gia TAMARON 600	1.0 L 0.1 kg 1.5 L 1.0 L	Cuando se encuentre un promedio de 5 a 10 pulgones por hoja

Fuente: (INIFAP 2010)

2.8. Enfermedades.

Mildiu, *Pseudoperonospora cubensis* (Berk y Curt.) Rost. Este hongo prospera en condiciones húmedas y se manifiesta con manchas angulares amarillentas o cafés en la parte superior de la hoja y presenta crecimiento veloso color crema oscuro por el envés de la hoja INIFAP, 2010.

Cenicilla, *Erysiphe cichoracearum* D. C. Las hojas presentan manchas de forma irregular cubiertas con un polvillo de aspecto harinoso. En ataques severos, éste cubre la hoja y peciolo (INIFAP, 2010).

2.9. Producción Mundial y Nacional del Cultivo.

La cantidad de pepino producida en el mundo ha sido la mayor de toda la historia, alcanzando la cifra de 74.975 millones de kilos, 2.916 millones más que el año anterior y 28.573 millones de kilos más que diez años atrás, aumentando un 61.57 por ciento la producción en los últimos diez años. El total de hectáreas que se destinan en el mundo para este cultivo ha sido de 2.178.614, con un rendimiento de 3'44 kilos por metro cuadrado, (FAO, 2014).

De las 74.975'62 toneladas de pepino que se han producido en el mundo, las tres cuartas partes corresponden a China, primer productor mundial, con 56.855'41 toneladas, 1.178.714 hectáreas y un rendimiento de 4'82 kg./m², el segundo lugar lo tiene Rusia con una superficie sembrada de 69,946 hectáreas de las cuales obtuvo una producción de 1,820.123 toneladas y un rendimiento de 2.60 kg/m², el tercer lugar en el Rankin lo ocupa Irán con una producción anual de 1,804.415 toneladas obtenidas de una superficie de 89,632 hectáreas con un rendimiento 2.01 kg/m². México ocupa el noveno en la producción mundial de pepino con una producción de 707.632 toneladas, rendimiento de 4.21 kg/m² Fuente: FAO. Elaboración: Hortoinfo, 2014.

México se sitúa en el Rankin mundial de productores de pepino en el octavo lugar con una producción anual de 637,395 toneladas. De todo el pepino cosechado en el mundo, la horticultura mexicana produce 0.9 por ciento. El mayor volumen cosechado de la hortaliza en 2015 se atribuye al 9.3 de crecimiento de la superficie sembrada y a mejores rendimientos en las principales entidades productoras. En Sinaloa se producen cuatro de cada 10 toneladas de pepinos mexicanos, los horticultores sinaloenses obtuvieron mil 736 millones de pesos por la cosecha de 2015.

Comercio exterior 2015: se vendió al extranjero 8.1% más que en 2014, lo que generó ingresos al país por 243 millones de dólares.

Origen-destino: Estados Unidos es el mayor comprador de pepino mexicano, ya que adquiere 99% del volumen exportado (Atlas Agroalimentario, 2016).

Cuadro 4. Top 10 en volumen de producción Principales entidades productoras.

Rankin	Entidades federativas	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

Fuente: (Atlas Agroalimentario, 2016).

En los últimos 10 años la producción nacional de pepino ha ido aumentando de manera considerable en 2006 se tenía una producción de 496 mil toneladas, para el año 2015 se alcanzó una producción de 818 mil toneladas casi el doble, (Atlas Agroalimentario, 2016).

2.10. Estándares de Calidad del Pepino.

Los pepinos deben:

- Estar bien formados o desarrollados, no maduros.
- Estar enteros, sanos, frescos, limpios, de consistencia firme y cáscara razonablemente lisa.
- Ser de forma, sabor y olor característicos de la variedad.
- Ser de color verde, claro u oscuro, pero homogéneo.

- Estar prácticamente rectos (con una altura máxima de arco de 10 mm en frutos de 10 cm de largo).
- Estar libres de defectos de origen meteorológico (granizo, quemaduras de sol, daño por frío), mecánico (rajaduras, magulladuras, cicatrices), entomológico (insectos) o genético-fisiológico (mosaicos). Se aceptan defectos siempre y cuando sean superficiales y muy leves y no afecten el aspecto general del producto (calidad, conservación y presentación del mismo).
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.
- Estar libres de humedad anormal externa.
- Excluirse todos los que estén afectados por pudrición o deterioro, al grado que sean inadecuados para su consumo (México Calidad Suprema, 2005).

Cuadro 5. Clasificación de la hortaliza por calibre y peso

PEPINO	
Calibre 1	≥ 600 g
Calibre 2	500 – 600 g
Calibre 3	400 - 500 g
Calibre 4	350 - 400 g
Calibre 5	300 - 350 g

Fuente: Cajamar (2014)

2.11. Valor Nutricional.

Por Cada 100 g de peso fresco.

Energía (Kcal) 13, Proteínas (g) 0,7, Lípidos totales (g) 0,2, AG saturados (g) 0,07, AG monoinsaturados (g) 0,01, AG poliinsaturados (g) 0,09, v-3 (g)* 0,042, C18:2 Linoleico (v-6) (g) 0,046, Colesterol (mg/1000 kcal) 0, Hidratos de carbono (g) 1,9, Fibra (g) 0,5, Agua (g) 96,7, Calcio (mg) 17, Hierro (mg) 0,3, Yodo (µg) 1, Magnesio (mg) 9, Zinc (mg) 0,16, Sodio (mg) 3, Potasio (mg) 140, Fósforo (mg) 20, Selenio

(μg) Tr, Tiamina (mg) 0,03, Riboflavina (mg) 0,03, Equivalentes niacina (mg) 0,5, Vitamina B6 (mg) 0,04, Folatos (μg) 16, Vitamina B12 (μg) 0, Vitamina C (mg) 10, Vitamina A: Eq. Retinol (μg) 2, Vitamina D (μg) 0, Vitamina E (mg) 0,07 (EFSA 2010).

2.12. Absorción, asimilación, toxicidad y acumulación del selenio en plantas.

El Selenio puede ser absorbido como selenato (Se^{6+}), selenito (Se^{4+}) y selenito orgánico. Tanto como el selenato (Se^{6+}) como el selenio orgánico se encuentran activos metabólicamente, mientras que el selenito (Se^{4+}) puede permanecer como componente pasivo; las formas orgánicas del Se son más disponibles para las plantas que las forman inorgánicas cruz, *et al.*, 2011.

El Se es metabolizado en las plantas por la vía de asimilación del azufre y su distribución y acumulación dependerá de la especie química y la concentración del elemento suministrado a las raíces y por la vía foliar, así como de la naturaleza y la concentración de otras sustancias en la solución (Terry. *et al.*, 2000).

En plantas acumuladoras de Se es incorporado vía alterna del sulfato debido al que es similar químicamente y actúa análogamente en muchas reacciones bioquímicas (Bañuelos y Mayland, 2000).

Casi todos los cultivos, entre ellos el tomate, son del tipo denominado no acumulador de selenio, es decir, son plantas para las cuales más de 25 μg de selenio/1 g de peso seco de raíces y hojas resulta en toxicidad (White. *et al.*, 2004).

La absorción de altas concentraciones de Se por la raíz de las plantas provoca síntomas de lesiones como retraso en el crecimiento, clorosis, marchitez y secado de las hojas, disminución de la síntesis de proteínas, lo que origina estrés oxidativo y lleva a la muerte prematura de la planta Mengel y Kirkby, 1987.

2.13. Importancia del Selenio en la Dieta Humana.

Según Rayman, 2000. El Selenio (Se) está involucrado en aspectos de la salud humana como son: (i) apropiado funcionamiento del sistema inmune (estimula la producción de linfocitos T y la actividad de las células Naturalkiller); (ii) reducción de la virulencia y la progresión de infecciones virales (virus de Koxsackie, poliovirus, hepatitis B y C, el poxvirus molluscum contagiosum, el virus de la gripe, y VIH); (iii) esencial para la fertilidad masculina (mayor movilidad del espermatozoide y síntesis de testosterona) y posiblemente femenina (reducción del riesgo de aborto); (iv) regulación del estado anímico y de algunos neurotransmisores en el cerebro (reduce la incidencia de depresión, ansiedad, confusión mental y hostilidad, ataques epilépticos y Alzheimer); (v) función tiroidea (producción, regulación y actividad de la enzima Deiodinasa que promueve la conversión de la hormona tiroidea T4 a su forma activa T3); y (vi) actúa como agente antioxidante y antiinflamatorio (efectos beneficiosos contra la artritis reumatoide, pancreatitis y asma). Además se le atribuye actividad en la prevención de enfermedades cardiovasculares aunque este papel no está completamente demostrado.

2.14. Biofortificación de Alimentos.

Yin. *et al.*, 2012, indican que la biofortificación es una estrategia biológica, cuyo objetivo es el incremento de los micronutrientes contenidos en las partes comestibles de las plantas, animales o microorganismos a través del cultivo o el uso de la biotecnología, además se considera que es una manera segura y eficaz para aliviar la malnutrición en áreas deficientes.

La biofortificación, como una nueva estrategia en la producción agrícola moderna, presenta tres enfoques principales: 1) la reducción en la concentración de los antinutrientes (metabolitos vegetales, tales como el ácido fítico y polifenoles), que inhiben la absorción de Fe y Zn, 2) el aumento en las concentraciones de otros compuestos, tales como la inulina y fructanos que favorecen la absorción del Fe y

Zn, y 3) el incremento directo de la concentración de Fe y Zn en la parte comestible del vegetal Huang. *et al.*, 2012.

2.15. Biofortificación en Frutas y Hortalizas.

Las primeras investigaciones sobre biofortificación con hierro y zinc se realizaron en el cultivo de maíz, donde se observó un aumento considerable en las concentraciones de estos microelementos en el grano de distintas variedades Oikeh. *et al.*, 2003.

De igual manera, en el cultivo de arroz y frijol se ha incrementado en 500 y 100 % el contenido de hierro, en el primer caso, y, hierro y zinc, en el segundo caso, en comparación con el cultivo producido de forma convencional Chaveco. *et al.*, 2006.

La biofortificación de hierro y zinc en los cultivos, se puede efectuar de manera foliar o edáfica. Al respecto, destacan los resultados obtenidos por Shivay y Prasad, 2012, al biofortificar arroz con aplicaciones de sulfato de zinc en forma edáfica y foliar, y de esta manera incrementar el contenido de este microelemento en el grano hasta en 2.13 y 72.7 % bajo la aplicación edáfica y foliar, respectivamente, en comparación con el tratamiento sin aplicación de zinc.

Prasad. *et al.*, 2014, concluyeron que la aplicación foliar, dentro de la biofortificación de los cultivos, es más factible, debido a que se requiere de una menor cantidad de hierro y zinc en comparación con la aplicación edáfica.

Los cultivos biofortificados pueden mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de individuos, familias y comunidades, de dos maneras: 1) a través de sus mejores cualidades agronómicas, como mejor rendimiento, las familias aumentan su producción de alimentos y como consecuencia, su energía (kilocalorías) disponible para su consumo, y 2) debido a su mayor contenido de minerales carentes en la dieta latinoamericana, como el hierro y el zinc, en este sentido la gente consumiría una cantidad mayor de estos minerales esenciales. De esta manera, los cultivos biofortificados tienen varias ventajas y se convierten en una estrategia para abordar

la inseguridad alimentaria y nutricional: a) mejoran simultáneamente la seguridad alimentaria (cantidad) y nutricional (calidad), b) la mejora se provee a través del consumo de cultivos básicos que forman parte integral de la dieta regional, y c) la integración de más cultivos biofortificados, aportará una mayor ingesta de elementos minerales esenciales Pachón, 2010.

Cuadro 6. Contenido de hierro y zinc en cultivos biofortificados.

Cultivo	Contenido de Fe	Contenido de Zn	Referencia
	(mg kg⁻¹, MS)		
Cacahuete	205.8	43.6	Zou y Zhang (2009)
Trigo	39.0	ND	Aciksoz. <i>et al.</i> , (2011)
Maíz	1630	ND	Rahman. <i>et al.</i> , (2013)
Frijol	75.5	29.9	Blair. <i>et al.</i> , (2009)
Arroz	ND	53.0	Sivay y Prasad, (2012)

Fe=hierro; Zn= zinc; MS=materia seca; DN dato no disponible

2.16 Tipos de injertos en hortalizas.

Miguel y Martín, 2007, describen dos métodos básicos para realizar un injerto tanto en solanáceas como en cucurbitáceas: el primero es el injerto por aproximación, el cual se caracteriza porque durante el proceso de unión se mantienen los dos sistemas radiculares del patrón y la variedad, separando con posterioridad la variedad de su sistema radicular y decapitando el tallo del porta injerto sobre la unión, y el segundo es el injerto de púa o empalme, que consiste en que la púa de la variedad se une a la planta del porta injerto decapitado. Dentro de este último,

existen dos variantes: de hendidura para cucurbitáceas y de púa terminal para solanáceas. Este último método se utiliza en solanáceas, y en cucurbitáceas. Tiene la ventaja de ser de fácil manejo, además de ahorrar espacio ya que se puede realizar en la bandeja almaciguera, con plántulas jóvenes cuyo hipocótilo tenga 2 mm de diámetro. Esta técnica se caracteriza por la rapidez con que se puede realizar y por la ventaja de no favorecer deformaciones a nivel del punto del injerto.

2.17. Injerto en Hortalizas.

El injerto se define como la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente de modo que se unan, crezcan y se desarrollen como una sola planta. Los orígenes de esta técnica son muy antiguos en especies leñosas. En 1000 a.C. ya era conocida por los chinos. Aristóteles (384-322 a.C.) en algunas de sus obras se refería a los injertos con bastante conocimiento del tema. Durante el Imperio Romano y después en el Renacimiento (1300-1500 d.C.) existía interés por los injertos y fueron muy populares. Desde el siglo XVI en Inglaterra se usaban el método de hendidura y lengüeta, además se sabía que las capas de cambium debían coincidir Hartman y Kester, 1984.

Inicialmente el propósito de usar plántulas injertadas era para la prevención de enfermedades fitopatógenas alojadas en el suelo, caso específico de la marchitez por *Fusarium*, minimizando el uso de productos químicos. Sin embargo, los objetivos se han ampliado:

Cuadro 7. Propósitos del uso de plántulas injertadas de hortalizas.

Resistencia a enfermedades en el suelo.

Resistencia a nematodos.

Tolerancia a altas temperaturas.

Tolerancia a bajas temperaturas.

Tolerancia a la salinidad.

Tolerancia a los suelos húmedos.

Incremento en el rendimiento.

Incremento en la calidad del fruto.

Incremento en el vigor de la planta.

Incremento en la absorción de los minerales y de la eficiencia de la fertilización.

Fuente: Kubota. y *et al.*, 2008.

2.18. Efecto del Injerto en la Calidad Comercial.

El efecto del portainjerto sobre el vigor, calidad y rendimiento de la variedad injertada. La causa principal de este efecto es el abundante sistema radical de los portainjertos, que tiene la capacidad de proveer de mayor cantidad de nutrimentos, agua y hormonas Lee, 1994. El incremento en el rendimiento puede llegar hasta 15 % más en plantas injertadas Kubota. *et al.*, 2008. Las citocininas son sintetizadas principalmente en la raíz, plantas con un sistema radical vigoroso produce mayor cantidad de esta hormona y el incremento en el rendimiento dado por un portainjerto vigoroso está asociado con el contenido total de citocininas en el xilema Lee y Oda, 2003. La savia del xilema está fuertemente influenciada por el portainjerto y por el injerto. Kato y Luo, 1989; citados por Lee, 1994, analizaron las concentraciones hormonales en berenjena injertada sobre diferentes portainjertos, donde encontraron que las concentraciones de citocininas (trans-zeatina) fueron más altas en las plantas injertadas sobre el portainjerto VF y las más bajas sobre Torubamu, dejando claro el efecto en los diferentes tipos de portainjertos.

Las concentraciones más bajas de la auxina ácido indol acético (AIA) fueron para las plantas sin injertar. En relación al incremento de la calidad de los frutos, es una ventaja de los portainjertos que muchos agricultores están explotando, que en ocasiones se convierte en una desventaja potencial. En el caso de la producción de sandía y pepino injertados, es considerable el incremento en tamaño; sin embargo, puede llegar a afectar otros parámetros de calidad como los sólidos solubles, color, textura y color de la pulpa Lee, 1994. El vigor inducido por el portainjerto también puede llegar a ser una desventaja si no se maneja adecuadamente, ya que puede provocar un desbalance en el tipo de crecimiento de la planta, promover mayor crecimiento vegetativo e inhibir el generativo; una de las soluciones en tomate a este problema es la conducción de las plantas injertadas a dos o más tallos; en general es recomendable un manejo agronómico especial para plantaciones injertadas.

2.19. Funciones Metabólicas del Selenio en las Plantas.

Funciones y procesos en los que actúa el Selenio tiene función estructural en el ARN mensajero, función enzimática en la Actividad hidrogenasa, función metabólica en la Síntesis proteica de FBN y sus efectos Favorece el crecimiento y la fructificación de los cultivos UC SAREP, 2003.

El Se posee un efecto estimulante en bajas concentraciones, sustituye al S de la ferredoxina de algunas plantas y es necesario para la actividad de la nitrato reductasa de *Escherichia coli*. El Se fue encontrado en el ARN mensajero de muchas especies vegetales, lo que indica su participación en la síntesis de proteínas y lo convierte en esencial para plantas superiores Wen, *et al.*, 1988. A partir de este trabajo, Malavolta, 1994, lo considera un nutrimento vegetal. El Se ingresa al vegetal como seleniato (SeO_4^{2-}) o selenito (SeO_3^{2-}). Las propiedades químicas del Se son muy parecidas a las del S. El seleniato y el sulfato compiten por los mismos sitios de absorción en las raíces. Es incorporado en aminoácidos análogos a los que contienen S (selenocisteína, selenometionina). Es más común encontrar referencias de toxicidad del Se que deficiencia en vegetales. Hay mucha variación en la capacidad de las especies para absorber el elemento y se da en el siguiente orden

creciente: crucíferas, forrajeras gramíneas, leguminosas, cereales. Se distinguen dos categorías: i) Plantas con tolerancia limitada, en las cuales el tenor no pasa de 5 mg kg^{-1} (gramíneas forrajeras, leguminosas); y ii) Plantas que acumulan hasta 10 veces más sin consecuencias negativas (cereales). Las seleníferas *Astragalus bisulcatus* y *A. pectinatus* acumulan millares de mg kg^{-1} sin mostrar efectos tóxicos Malavolta. *et al.*, 1997.

La toxicidad del selenio en las plantas se caracteriza por un atraso en el crecimiento, disminución en el tamaño, clorosis blanca en los márgenes de las hojas y en plantas forrajeras huelen a ajo Valdiviezo. *et al.*, 2005.

2.20. Importancia de la Nanotecnología en los Cultivos Agrícolas.

La nanotecnología se ha definido como la manipulación de la materia a la escala de moléculas y átomos (en mil millonésimas de metro), el interés en esta nueva tecnología se debe a que la materia muestra a nivel de nanoescala, propiedades totalmente distintas a las que presenta en su dimensión macro, Delgado, 2007, debido a que se incrementa la relación superficie/volumen, Samrat. *et al.*, 2011.

A nivel agrícola la investigación se ha enfocado en el control de fitopatógenos. Estudios recientes demuestran el efecto negativo que pueden tener las nanopartículas en el crecimiento de microorganismos. Por ejemplo, se ha observado que la actividad fungicida del azufre es más efectiva en su forma de nanopartícula, que en su forma de micropartículas, según el estudio realizado, el efecto en hongos del tipo *Aspergillus niger* y *Fusarium oxysporum* la inhibición del crecimiento es directamente proporcional al aumento en la concentración de nanopartículas de azufre, y es inversamente proporcional al aumento en el tamaño de la partícula, Samrat. *et al.*, 2011.

En un estudio realizado para determinar el efecto de nanopartículas de plata en bacterias Gram positivas, Gram negativas y hongos saprofitos, se observó que la eficacia antimicrobiana era mayor con las nanopartículas de plata más pequeñas. Además, se impregnaron nanopartículas de plata en tejidos de algodón, pinturas de agua y purificadores de agua. Se determinó que aunque se daba aglomeración de

las nanopartículas en ciertos puntos, se presentaba actividad antifúngica y antibacteriana pronunciada en *Aspergillus niger*, *Penicillium phoeniceum* y *Staphylococcus aureus*, Khaydarov, 2009.

Coppo 2009, establece que la utilidad de insumos agrícolas a nanoescala, entre las que destaca: “mejora de la producción, agricultura de precisión, plaguicidas, herbicidas, invernaderos, reducción del uso de agua de riego, suelo, fertilizantes y fitosanitarios, detección de niveles de agua, nitrógeno, nutrientes, plagas, polen y agroquímicos” .

Molins 2008, afirma que “las posibilidades de las nanopartículas de penetrar las células es el de un nanoplaguicidas que atacaría la película que recubre la semilla de las malezas”. La creación de estas nanopartículas se les atribuye a la investigación conjunta de institutos agrícolas de México e India, cuyos resultados se basan en la detención de la germinación, porque las partículas del suelo no podrán impedir la deposición del nanoplaguicida en el lugar donde se encuentra las semillas de la maleza.

La nanotecnología puede usarse como Nanocápsulas para transportar pesticidas, fertilizantes y otros agroquímicos, Transporte de hormona de crecimiento y vacunas, Nanosensores para el monitoreo de las condiciones de suelo y del crecimiento de la cosecha, Nanochips para identificación, Nanosensores para la detección de patógenos animales o vegetales y como Nanopartículas para transportar ADN a las plantas (ingeniería genética). Yáñez y Jarrín 2009.

2.21. Antecedentes de la Nanotecnología en la Producción de Hortalizas.

De acuerdo con Barry. *et al.*, 2009, los sensores electroquímicos pueden monitorear en el campo contaminantes químicos: gases como monóxido y dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido nítrico; hidrocarburos orgánicos volátiles, aldehídos y cetonas, metales pesados, plaguicidas y contaminantes persistentes.

Reporto la preparación de una película nanoestructurada para detectar plaguicidas en solución. La película es muy plana, con rugosidad de 0.8 a 2 nm y con límite de detección de 1.6 a 10⁻⁹ mol/L. La capacidad de detección se debe a la bien definida

electroactividad de la película que permite su uso como electrodo modificado para detección de plaguicidas vía electroquímica Crespilho. *et al.*, 2005.

Demostró que un nanoinmunosensor fue adecuado para detectar picloram, herbicida organoclorado, en arroz, lechuga y en el agua de riego. Las concentraciones de detección fueron de 0.005 a 10 µg/ml, con un límite de detección de 5 ng/ml. El inmunosensor presentó precisión, sensibilidad, selectividad y estabilidad de almacenamiento. Los autores sugirieron su uso para monitoreo de otros contaminantes orgánicos Tang. *et al.*, 2008.

En plantas hiperacumuladoras como la Brassica juncea, el Se las protege contra el ataque de hervíboros y de hongos Hanson. *et al.*, 2003. Pennanen. *et al.*, 2002 y Hu. *et al.*, 2003, quienes encontraron que el Se incrementa el crecimiento en el cultivo de la lechuga y el té verde, respectivamente. En zacate ryegrass se ha demostrado que promueve el crecimiento de las raíces Cartes. *et al.*, 2010. La adición de Se en plantas de fresa ayudó a disminuir el estrés ocasionado por los rayos UV-B, además de que hubo un mayor crecimiento Heijari. *et al.*, 2006. También se ha encontrado que el Se incrementa el crecimiento y la calidad del tubérculo de papa Turakainen, 2007.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Experimento.

El presente trabajo, se llevó a cabo en un invernadero del área experimental del Departamento de Horticultura, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en 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.

3.2. Material Vegetal.

Se utilizó la variedad induran de pepino (*Cucumis sativus*) de la casa comercial Rijk Zwaan, es un pepino slicer partenocárpico. Planta de gran vigor, con muy buen diámetro de hojas y de color verde intenso (Blue leaf). Frutos lisos, sin espinas y con muy buena relación entre diámetro y tamaño. Ideal para plantíos de frío a calor. Muy buena tolerancia al amarillamiento de hoja y al Mildew. Mide 23 a 25 cm de longitud y el porta injerto *cucúrbita máxima x moschata* de la casa comercial Rijk Zwaan (Rijk zwaan, 2016).

3.3. Siembra del Material Vegetativo.

Las semillas de la variedad induran primeramente tratadas con un fungicida; se sembraron en charolas de polietileno de 120 cavidades con sustrato de peat most mezclado con perlita (relación 1:1 v.v) de igual forma 8 días después se sembró la semilla del porta injerto, debido a que esta esta germina más rápido que la variedad, esto se hizo con el propósito de tener una uniformidad en el desarrollo tanto del porta injerto como del injerto (variedades) y así lograr la interconexión exitosa.

3.4. Riego.

Durante la germinación los riegos fueron diarios de forma manual, aplicando 2 L de agua por charola dos veces al día. Se colocaron los sistemas de riego por goteo para el fertirriego. Después del trasplante los riegos fueron diarios con agua y con fertilización. Se le daba un riego de 10 minutos dos veces al día, después se le aumento a 15 minutos dos veces al día, se combinó el fertirriego a 15 minutos en la mañana y por la tarde se le daba otro riego con pura agua. En la etapa reproductiva se aumentó el fertirriego a 30 minutos.

3.5. Realización del injerto.

El injerto se realizó a los 25 días de haber sembrado la variedad y a los 15 días de haber sembrado el porta injerto, cuando este presentó sus dos hojas verdaderas bien desarrolladas, se injertaron las plántulas de la variedad (induran), utilizando

cucúrbita máxima x mostacha como (porta injerto), se utilizó el injerto de púa en hendidura (hendidura simple) ya que se tenía el mismo diámetro del tallo en ambas plántulas.

3.6. Manejo de Plántulas Post injerto.

Después de ser injertadas las plántulas se pasaron a una cámara de prendimiento en donde se tenía humedad relativa arriba del 80%, una temperatura de 29° C y absolutamente en la oscuridad durante 8 días cubierta con polietileno negro, se les aplicó “Tecto 60” (0.2g·L) para evitar el ataque de enfermedades fúngicas, en seguida fueron sacadas de la cámara y puesta a baja intensidad solar durante 5 días, y finalmente fueron colocadas en el invernadero en donde se desarrollaron.

3.7. Trasplante.

Después las plántulas injertadas fueron trasplantadas a bolsas de 10 kilogramos con sustrato de “peat moss” y perlita relación (1:1 v.v), quedando dentro del mismo invernadero, su riego fue con agua, se les aplicó un producto anti estrés líquido (Delfan Plus®) a razón de 2.5 ml·L de agua, esta aplicación se realizó para que las plantas no sufrieran estrés y para estimular un mejor desarrollo.

3.8. Manejo de Plagas y Enfermedades.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron buenas prácticas agrícolas, que fueron aplicaciones de extracto de ajo (fungicida e insecticida orgánico), también se aplicó azufre elemental para el control de enfermedades fúngicas como la cenicienta polvorienta (*Erysiphe cichoracearum*).

3.9. Nutrición del Cultivo.

En la primera semana después del trasplante se fertirrigó con la solución Steiner al 25%, la segunda semana con la solución Steiner al 50%, la tercera semana posterior al trasplante con la solución al 75% y de la cuarta semana en adelante de igual

manera con la solución Steiner al 100%. Se manejó de esta manera porque su crecimiento fue muy acelerado.

3.10. Manejo Agronómico del Cultivo.

En el cultivo del pepino es necesario el tutoreo. Se colocaron líneas de tutoreo, las plantas de pepino fueron turoreadas dándole al tallo un giro en un tutor vertical rafia, así se fueron acomodando conforme fueron creciendo las plantas, se iban subiendo hacia el alambre superior.

En cultivo de pepino se realizan diferentes tipo de podas; a los 30 días después del trasplante se realizó la primera poda, que consistió en la eliminación de los tallos secundarios dejando solo el tallo principal. Y durante la etapa de producción se eliminaron frutos mal formados, y también las hojas amarillas.

Así como también se tuvo un control de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo que fue la aplicación de fungicidas orgánicos a las plantas recién injertadas con el fin de evitar el desarrollo de alguna enfermedad fúngica ya que se tenían temperaturas relativas altas. También se hicieron aplicaciones de “Extracto de ajo” (2.5ml/l orgánico) como insecticida preventivo.

3.11. Tratamientos Evaluados.

Los tratamientos evaluados fueron distribuidos en el invernadero, teniendo 10 tratamientos en total como se muestra en el cuadro.

Cuadro 8. Ilustración de los tratamientos evaluados en el experimente.

Numero	Tratamientos
1	0.0 s/injerto
2	Gel de quitosán s/injerto
3	Gel de quitosán + 1 mg de Se s/injerto
4	Gel de quitosán + 2.5 mg de Se s/injerto
5	Gel de quitosán + 5 mg de Se s/injerto
6	Gel de quitosán c/injerto
7	Gel de quitosán + 1 mg de Se c/injerto
8	Gel de quitosán + 2.5 mg de Se c/injerto
9	Gel de quitosán + 5 mg de Se c/injerto
10	0.0 c/injerto

3.12. Variables Evaluadas.

Se determinaron las siguientes variables: firmeza, grados brix, longitud de la guía principal, diámetro del tallo, numero de hojas, numero de frutos, longitud de fruto, peso del fruto, diámetro del fruto, rendimiento por planta, peso fresco aéreo, peso fresco raíz, longitud de raíz, peso del tallo, área foliar, área foliar específica.

3.12.1. Longitud del Fruto.

Se determinó la longitud del fruto con una cinta métrica esto se hizo con cada fruto y en cada tratamiento al ser cosechados, el resultado se registró en centímetros (cm).

3.12.2. Peso del fruto.

Se determinó el peso en una báscula digital de 4 dígitos de la marca (Ozeri), obteniendo el peso de cada fruto cosechado, en cada tratamiento este resultado se registró en gramos (gr).

3.12.3. Diámetro del fruto.

Se midió cada fruto cosechado, el diámetro ecuatorial con un vernier digital marca truper, los resultados obtenidos fueron expresados en milímetros (mm).

3.12.4. Firmeza de fruto.

Se determinó firmeza de fruto con un penetrómetro con soporte marca (FRUIT PRESSURE TESTER FT 327) equipado con un manómetro de fuerza de 0 a 13 Kg FT-327, y puntilla de 8 mm de diámetro, para esto se retiró la cutícula de cada fruto en dos puntos opuestos de la parte del ecuador del fruto, se introdujo la puntilla de un solo impulso para medir la fuerza necesaria para penetrar 1 cm del tejido de la pulpa del fruto, se tomaron dos lecturas por fruto y se reportaron en (Kg/cm²).

3.12.5. Rendimiento.

El rendimiento se determinó con el peso de cada fruto por planta en una báscula digital, este resultado se expresó en kg por planta.

3.12.6. Grados Brix.

Se sacó jugo de cada fruto a evaluar colocando una agotas en el refractómetro y se anotaba el dato.

3.12.7. Longitud de la guía principal.

Se determinó la longitud de cada guía con una cinta métrica esto se hizo con cada planta de cada tratamiento, el resultado se registró en metros (m).

3.12.8. Diámetro del tallo.

Se midió cada tallo, con un vernier digital marca truper, los resultados obtenidos fueron expresados en milímetros (mm).

3.12.9. Numero de hojas.

Se determinó esta variable contando cada una de las hojas de los tratamientos.

3.12.10. Numero de frutos.

Se determinó contando los frutos de cada planta cada 8 días después del primer corte que fue a los 50 días posteriores al trasplante.

3.12.11. Peso fresco aéreo.

Se determinó el peso en una báscula digital de 4 dígitos de la marca (Ozeri), obteniendo el peso fresco aéreo de cada planta, este resultado se registró en gramos.

3.12.12. Peso fresco raíz.

Se obtuvo el peso en una báscula digital de 4 dígitos de la marca (Ozeri), obteniendo el peso de la raíz esto se hizo al final del ciclo del cultivo, en cada tratamiento este resultado se registró en gramos (gr).

3.12.13. Longitud de raíz.

Se determinó la longitud de cada raíz con una cinta métrica esto se hizo con cada planta, el resultado se registró en centímetros (cm).

3.12.14. Peso del tallo.

Se obtuvo el peso del tallo con una báscula digital de 4 dígitos de la marca (Ozeri), el resultado se registró en gramos (gr).

3.12.15. Área foliar.

Es obtenida con la medida de la superficie de las hojas fotosintéticamente activas. Se puede hacer por métodos directos calcando la silueta de la hoja en papel y calculando por planimetría (medidores de área foliar, escaneo y análisis de imágenes). El escaneo de imágenes consiste en escanear las siluetas de cada hoja y mediante un software de imágenes calcular el área. Se realizó al final del ciclo del cultivo, se determinó con un scanner de la marca Li- Cor, el resultado se registró en (m²).

3.12.16. Área foliar específica.

Área Foliar Específica (AFE): mide la relación entre el área foliar y el peso seco de la misma. Es una medida del grosor relativo de las hojas; representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja. Su fórmula es: $AFE = AF/PSAF$, (cm²/g) Donde: PSAF = Peso seco del área foliar. Ramírez. et al.,2012.

3.13. Diseño Experimental

Los tratamientos fueron sometidos a un diseño factorial de (2) (5) dando lugar a 10 tratamientos. A los datos obtenidos se les aplicó el análisis estadístico en el cual se obtuvieron los ANOVAS y se procedió a utilizar la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). Para esto se empleó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Longitud del fruto.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable longitud de fruto no mostraron diferencia significativa entre las plantas injertadas, no injertadas y cultivadas con nanopartículas de selenio. La hiperacumulación de Selenio puede ser para ofrecer un mejor crecimiento del fruto, tal vez debido a una mejor resistencia al estrés oxidativo Hartikainen, 2005. Kole. *et al.*, 2013, quienes realizaron una investigación para evaluar los efectos de las nanopartículas, sobre las semillas de melón amargo (*Momordica charantina*), confirmaron la capacidad, la translocación y acumulación de las nanopartículas en la planta. Además, se generó un aumento de hasta 54% en la producción de biomasa, 24% en el contenido de agua y un aumento de hasta 20% en la longitud del fruto.

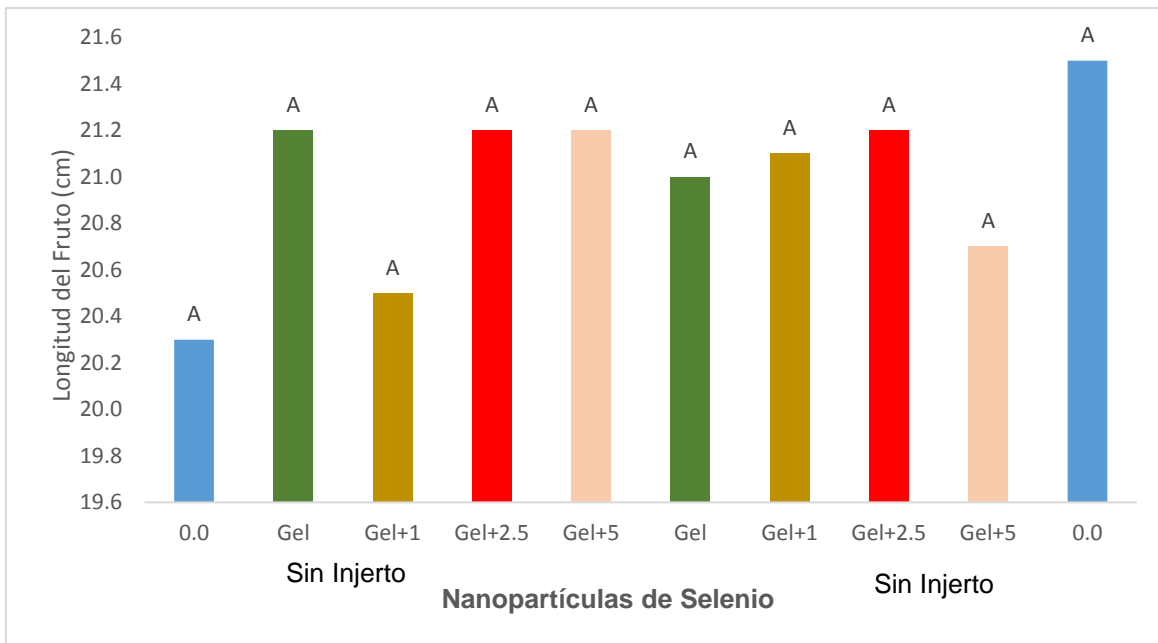


Figura 1. Longitud del fruto del cultivo de pepino injertado, no injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.2. Peso del Fruto.

De acuerdo al ANVA los resultados para la variable peso del fruto muestra que si hubo diferencia significativa en los tratamientos con/sin injerto y cultivados con nanoparticulas de selenio, siendo el tratamiento 8 (Gel + 2.5 mg de Se c/injertado) el que tuvo un mayor incremento en peso de fruto (280.8 g) en comparación con el testigo, estos resultados indican que hay una diferencia de (44.1 g). Esto difiere con Becvort. *et al.*, 2012, obtuvieron resultados análogos aplicando selenio en tomate, obteniendo un aumento significativo en el estado antioxidante pero sin observar diferencias en los pesos frescos y secos de frutos y raíz entre los distintos tratamientos.

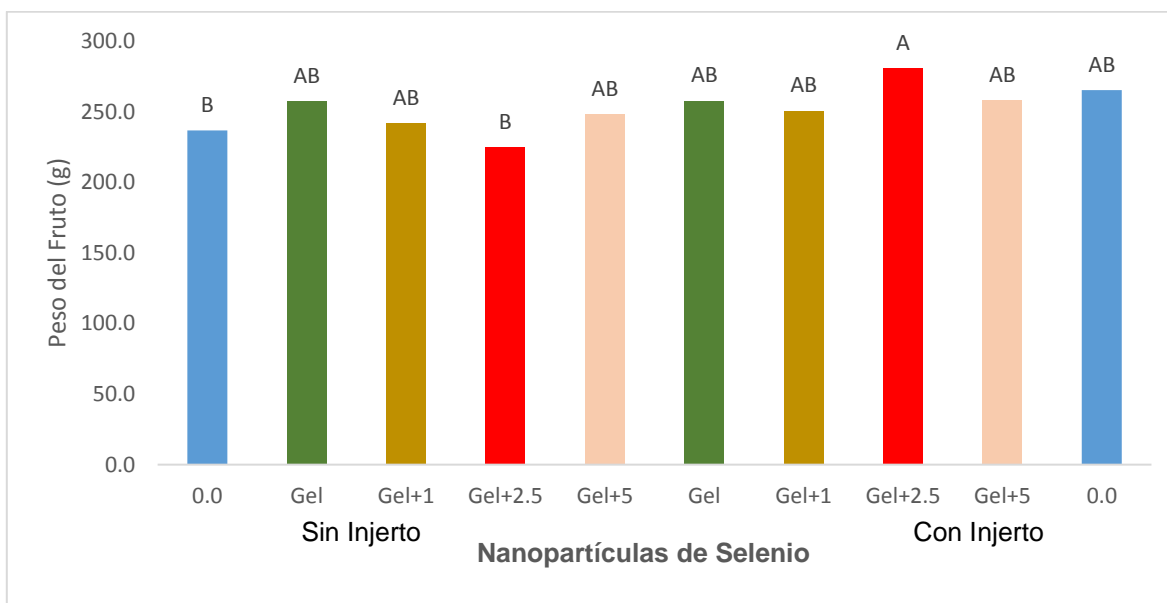


Figura 2. Peso del Fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.3. Diámetro del Fruto.

Los datos obtenidos en el experimento nos muestran que si hubo diferencia significativa en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio, siendo el T10 (injerto sin Gel 0 mg Se) el que mostro un mayor diámetro del fruto (4.6 cm), en comparación al tratamiento sin injerto y con 5 mg de Se, fue el que mostro menor diámetro del fruto, estos resultados indican que hay una diferencia de (.4 cm), esto difiere con Pezzarossa. *et al.*, 2013, el diámetro del fruto de tomate no fue estadísticamente influenciado por la adición de selenato de sodio. Mendoza, 2015 también trabajo con Na_2SeO_3 a concentraciones de 2 y 5 ml L^{-1} obtuvo un incremento significativo en diámetros del fruto.

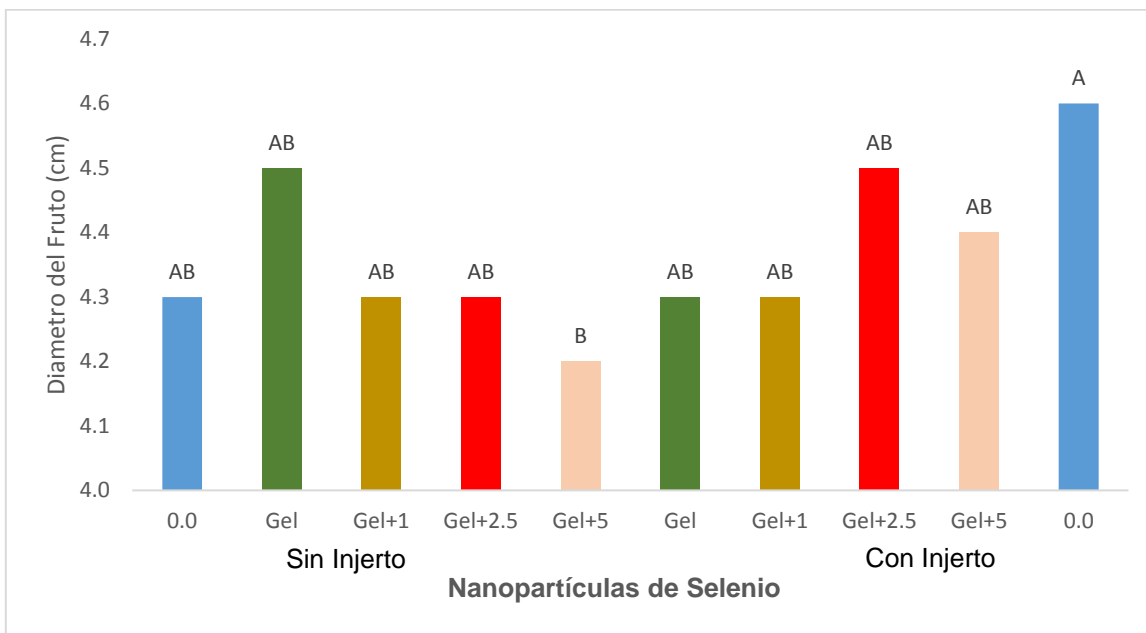


Figura 3. Diámetro del Fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.4. Firmeza del fruto.

En la (figura 4) se puede observar que si hubo diferencia significativa en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo los tratamientos T2 (Gel s/injerto), T3 (Gel + 1 mg de Se s/injerto) y T4 (Gel+ 2.5 mg de Se s/injerto), los que tuvieron mayor firmeza del fruto ($7.4 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$), ($7.3 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$) y ($7.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$) respectivamente, en comparación al testigo, estos resultados indican que hay una diferencia de ($1.9 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$). Hernández, 2013, quien realizó un estudio sobre características fisicoquímicas y microbiológicas en tomate quien obtuvo valores de 1.57 a 2.02 lb.

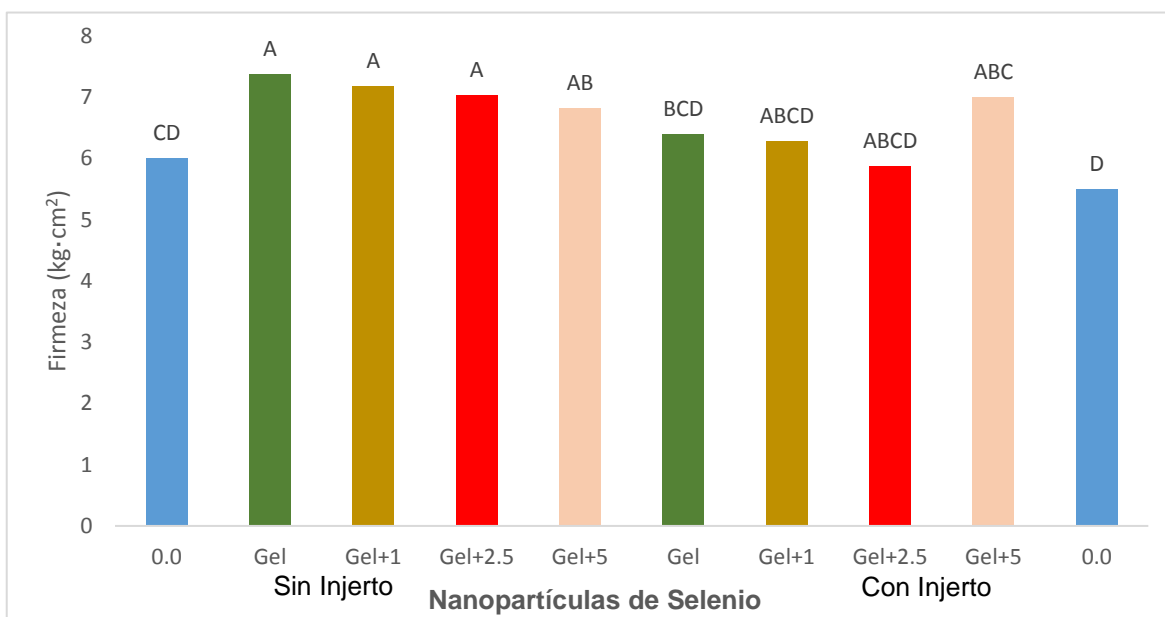


Figura 4. Firmeza del fruto del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.5. Rendimiento.

En cuanto a la variable rendimiento se puede observar que si hubo diferencia significativa entre los tratamientos con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio, siendo el T10 (injerto sin Gel 0 mg Se) el que tuvo mayor rendimiento con (3.3 kg), en comparación al tratamiento no injertado con gel y 2,5 mg de Se que obtuvo el menor rendimiento, estos resultados indican que hay una diferencia de (1.5 kg). Se concluye que la aplicación de NPs no influye en el rendimiento pero el injerto si de manera positiva. Nancy. *et al.*, 2014, mostraron que el rendimiento y la calidad de la fruta del tomate fueron mayores con concentraciones crecientes de selenio en el suelo, la semilla o la aplicación foliar (hasta un máximo de 10 mg L⁻¹). Otros autores también han informado que el Se aumenta el rendimiento del arroz Wang. *et al.*, 2013, la lechuga Xue. *et al.*, 2001 y la soja Djanaguiraman, 2004. Por el contrario, Yao. *et al.*, 2013, informaron un aumento en el rendimiento de trigo por la aplicación foliar de Se. Se ha informado que la aplicación de Se en el arroz influye positivamente en la fotosíntesis, lo que resultó en un aumento en el rendimiento del grano de arroz y en la concentración de Se en el grano Zhang. *et al.*, 2014.

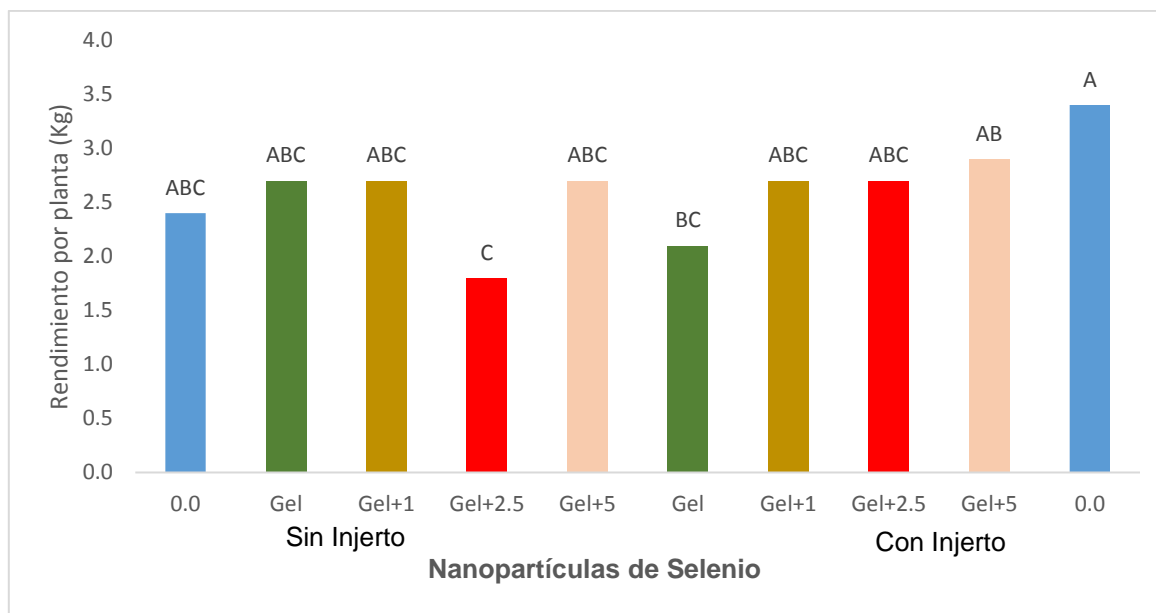


Figura 5. Rendimiento del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.6. Grados Brix.

En esta variable no se muestra diferencia significativa entre tratamientos en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio, estos resultados difieren con Vázquez, 2012, quien trabajó con tomates y el efecto del selenio poscosecha alcanzando valores desde 4 a 4.8 %. En estudios realizados en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), se demostró que el selenio tuvo un efecto positivo sobre la acumulación de carbohidratos en concentraciones de 0.3mg de Se por kg de suelo, se observó una mayor concentración de sólidos solubles en esta especie hortícola Turakainen. *et al.*, 2004.

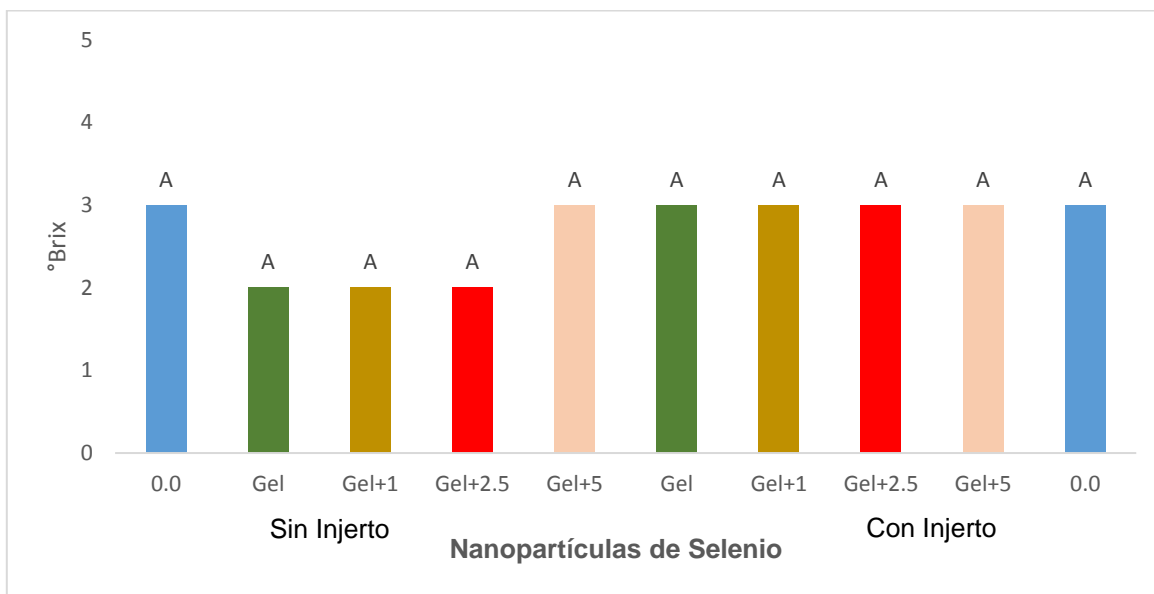


Figura 6. Grados brix del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.7. Longitud de la Guía Principal.

Los resultados de la variable longitud de la guía principal muestran que no hay diferencia significativa entre las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio y por ende esta variable no se ve afectada. Juárez-Maldonado. *et al.*, 2015, reportaron el efecto de las nanopartículas de cobre absorbidas en hidrogeles de quitosán a una concentración de 0.06 g/L en lechuga y observaron que no hubo diferencias estadísticas en cuanto a la altura de las plantas en relación con el testigo. Jo. *et al.*, 2015, que evaluaron nanopartículas pero de plata en plántulas de arroz a una concentración de 150 µg/ml, llegando a la conclusión que aumentan significativamente la altura de este cultivo en relación con el Testigo. Cartes, 2005, quien menciona que el selenio puede aumentar el crecimiento y número de hojas por planta.

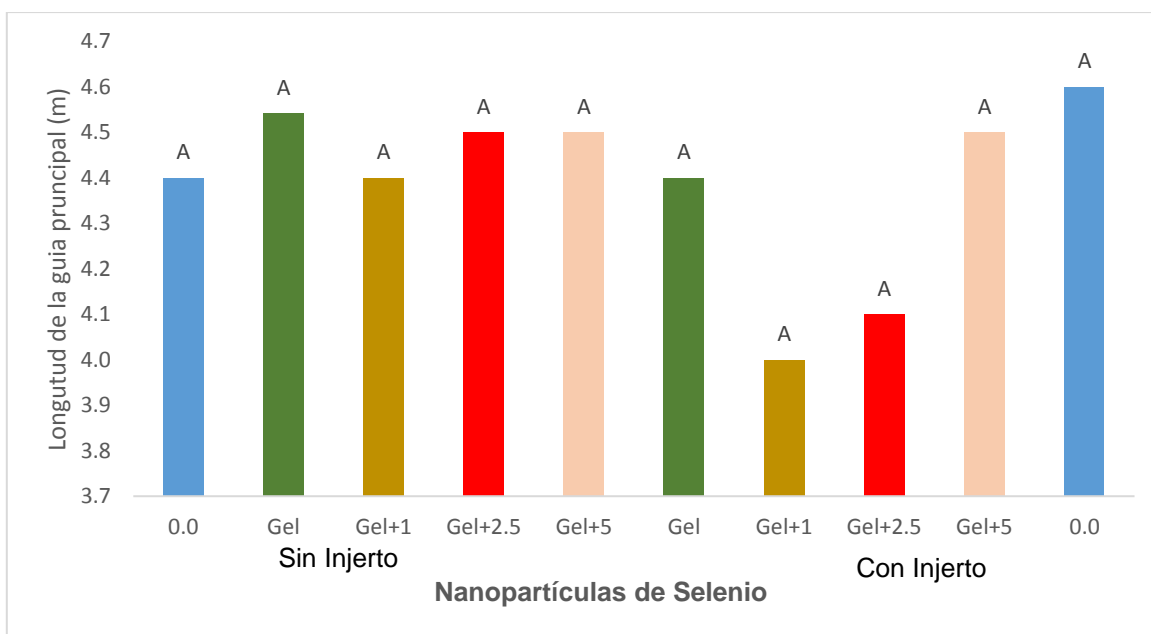


Figura 7. Longitud de la guía principal del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.8. Diámetro del Tallo.

Con respecto al ANVA para la variable diámetro del tallo si hay diferencia significativa en los tratamientos con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo el T1 (0.0 s/injerto), T2 (Gel s/injerto), T3 (Gel + 1 mg de Se s/injerto) fueron los que obtuvieron mayor diámetro del fruto (14.7 mm), (14.5 mm) y (14.3) respectivamente, en comparación al testigo estos resultados indican que hay una diferencia de 5.2 mm. Esto indica que el injerto con nanopartículas no influye de manera positiva. La aplicación foliar de selenio en concentraciones de 10 y 20 mg L⁻¹ resulto positiva para tallos y hojas así como para el peso seco y contenido de materia seca de los frutos Benavides- Mendoza. *et al.*, 2011.

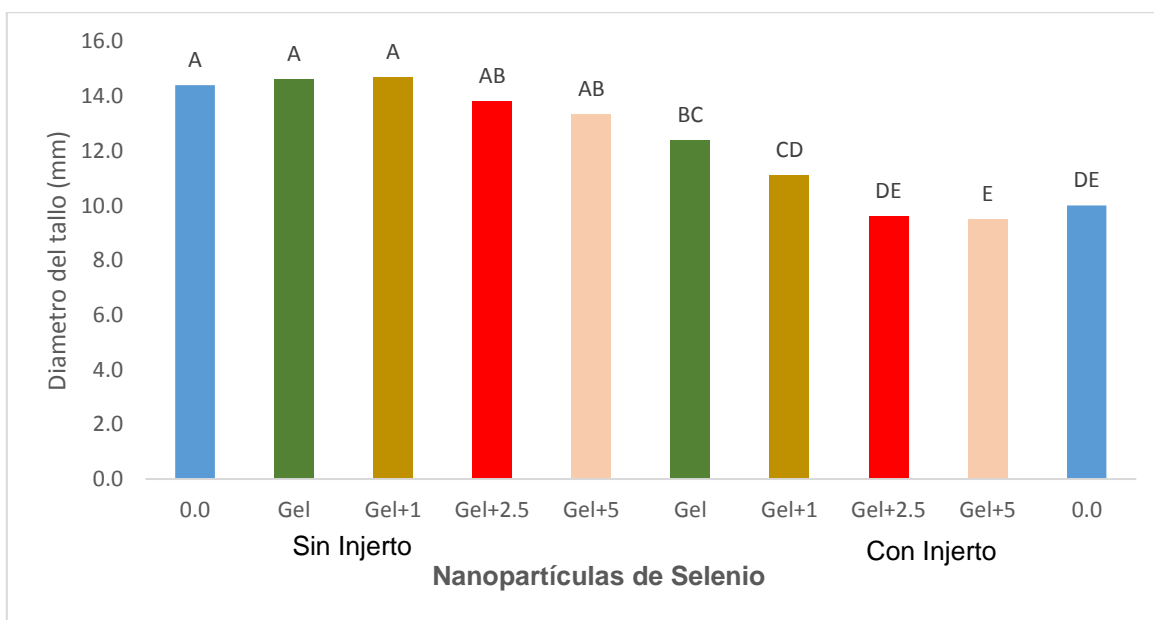


Figura 8. Diámetro del tallo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.9. Número de Hojas.

Realizándose el análisis estadístico para esta variable se observa que no hay un efecto positivo en cuanto a la aplicación de selenio en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo el T10 (0.0 con injerto) el que tuvo mayor número de hojas 56 hojas con respecto al tratamiento que obtuvo menos hojas con 46 esto indica que hay una diferencia de 10 hojas. En un estudio realizado en Soya, promovió mayor número de hojas, longitud de brotes, área foliar por planta y producción total de materia seca Djanaguiraman. *et al.*, 2005. La aplicación foliar de selenio en concentraciones de 10 y 20 mg L⁻¹ resulto positiva para tallos y hojas así como para el peso seco y contenido de materia seca de los frutos Benavides-Mendoza. *et al.*, 2011.

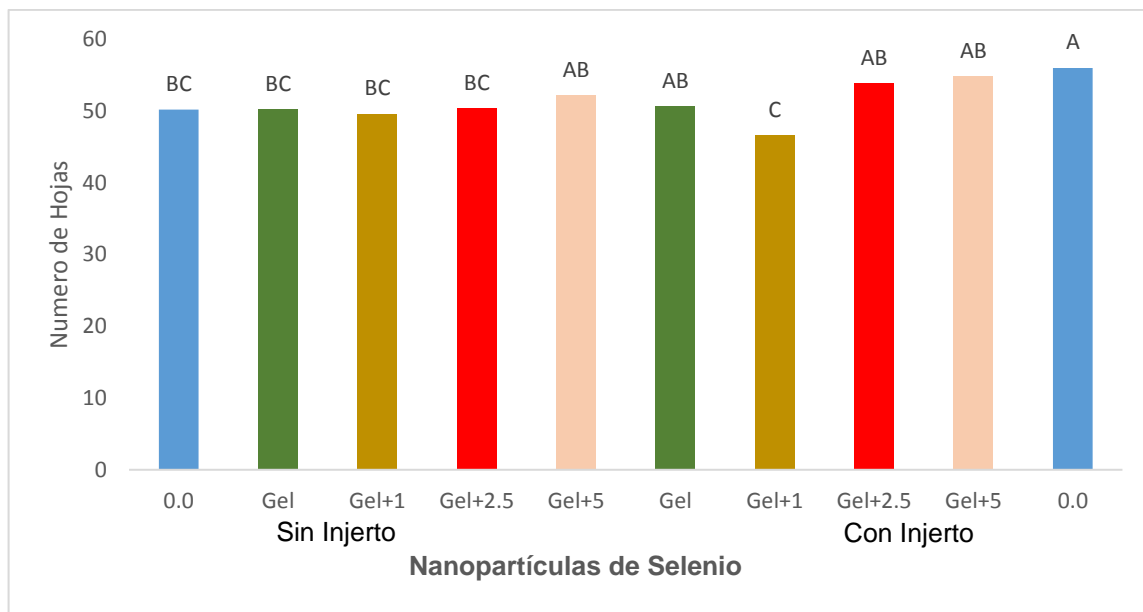


Figura 9. Número de hojas del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.10. Número de Frutos.

Para la variable número de frutos se observa que si hay diferencia significativa en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo el tratamiento T10 (0.0 con injerto) el que obtuvo un mayor número de frutos 12 con respecto al tratamiento sin injertar, gel y 2.5 mg de Se, quien obtuvo el menor número de frutos, esto indica que el injerto influye de manera positiva aumentando el número de frutos. Wang. *et al.*, 2012, quienes determinaron que las nanopartículas de óxido de cerio ($\text{CeO}_2\text{-NPs}$) a diferentes concentraciones (0.1 a 10 mg L^{-1}) tuvieron efectos positivos sobre el rendimiento de tomate, específicamente en el crecimiento de la planta y la producción de frutos. Juárez-Maldonado. *et al.*, 2016, que reportan que las NPs de Cu a una concentración de 0.06 mg L^{-1} incrementaron en un 22.84% el número de frutos en plantas de tomate.

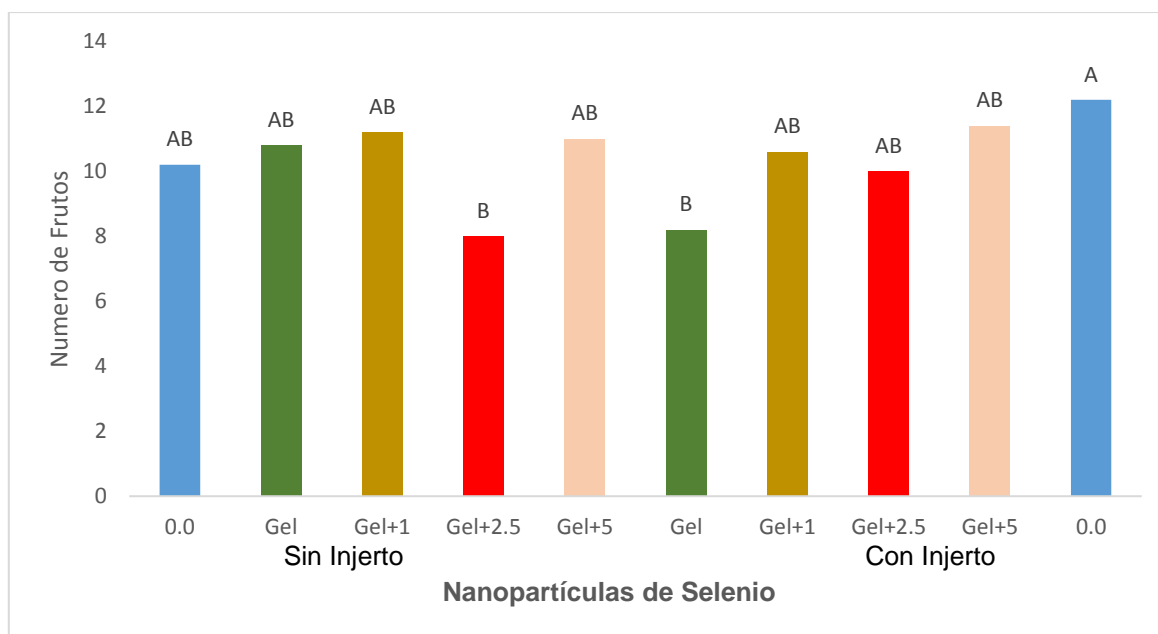


Figura 10. Número de frutos del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.11. Peso Fresco Aéreo.

Los resultados obtenidos para la variable peso fresco aéreo si mostro diferencia significativa en los tratamientos con/sin injerto y cultivados con nanoparticulas de selenio siendo el T3 (Gel + 1 mg de Se s/injerto), el que tuvo mayor peso fresco aéreo (188.8 g) con respecto al testigo, estos resultados indican que hay una diferencia de 77.2 g. Esto nos demuestra que la aplicación de Se si influye de manera positiva. Juárez-Maldonado. *et al.*, 2015, consistió en evaluar el efecto de la aplicación de nanopartículas de cobre en hidrogeles de quitosán sobre los compuestos antioxidantes en tomate. En tal estudio se usó una concentración de 100 mg·kg de NPs de cobre absorbidas en hidrogeles de quitosán, los resultados mostraron que el tratamiento con NPS Cu presentó los mejores resultados en número de racimos y frutos, rendimiento, peso fresco y seco de parte aérea, así como en la conductancia estomática.

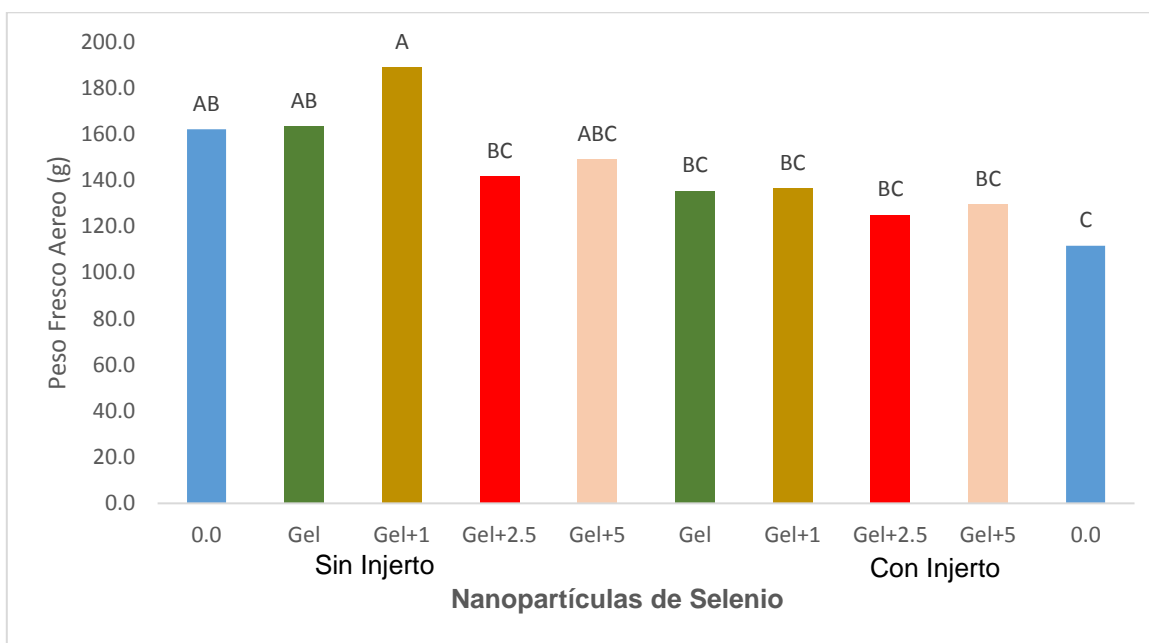


Figura 11. Peso fresco aéreo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.12. Peso Fresco Raíz.

De acuerdo a la (gráfica 12) si hay diferencia significativa en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo el T4 (Gel+ 2.5 mg de Se s/injerto) el que mostro un incremento en el peso fresco de raíz con 83.6 g con respecto a los demás tratamientos. Esto difiere con Padmaja. *et al.*, 1989, quien dice que la aplicación de selenio tuvo un efecto negativo sobre el peso de la raíz, tallos y hojas, sobre todo en el sustrato perlita en donde las plantas tratadas mostraron de forma constante hojas cloróticas, un síntoma de intoxicación por selenio. Bitterli. *et al.*, 2010, encontraron que la aplicación de selenio incrementa el número de brotes y raíces cuando se aplica en forma de selenito. Nhan. *et al.*, 2014, reportaron un efecto negativo en la biomasa de la raíz de algodón transgénico tratado con 500 y 2000 mg L⁻¹ de NPs de SiO₂.

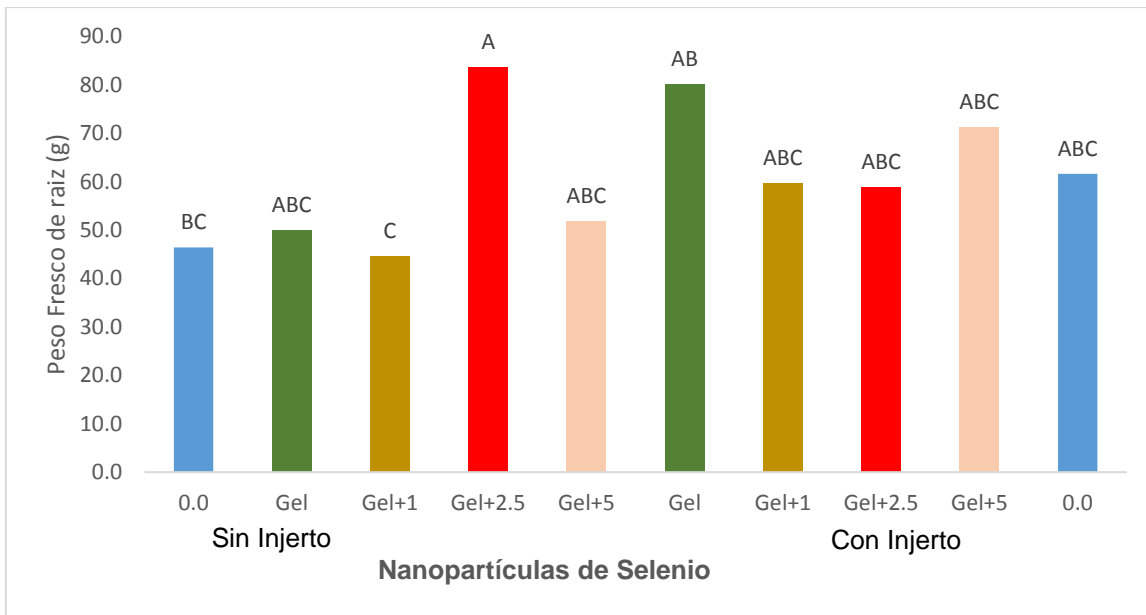


Figura 12. Peso fresco de la raíz del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.13. Longitud de Raíz.

Respecto al análisis estadístico realizado para esta variable se observa que si hay un efecto positivo en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio en la longitud de raíz los tratamientos más sobresalientes en esta variable son T3 (Gel + 1 mg de Se s/injerto) y T6 (Gel c/injerto) con 62.8 cm y 62.6 cm respectivamente, en comparación al testigo. Los resultados nos indican que hay una diferencia de 15 cm. Se puede concluir que la interacción de NPs con y sin injerto influyó de manera positiva en la longitud de raíz. Esto difiere con Karami. *et al.*, 2015, reportaron una disminución drástica en el índice de vigor y la longitud de raíz de plantulas de tomate tratadas con nanopartículas de plata (AgNPs) con un tamaño 50 nm en cinco concentraciones diferentes, 0, 25,75 y 100 mg. L⁻¹ aplicadas a la semilla. Méndez. *et al.*, 2016, reportaron que NPs de ZnO en concentración de 50 mg L⁻¹ incrementaron la longitud de raíz en un 11.8% con respecto al testigo sin embargo la aplicación de NPs fue foliar. Por su parte la aplicación de NPs de TiO₂ tuvo efectos significativos sobre el crecimiento de la raíz en lechuga, sin embargo los autores usaron la concentración de 100 mg/ kg⁻¹ en suelo Umber. *et al.*, 2015.

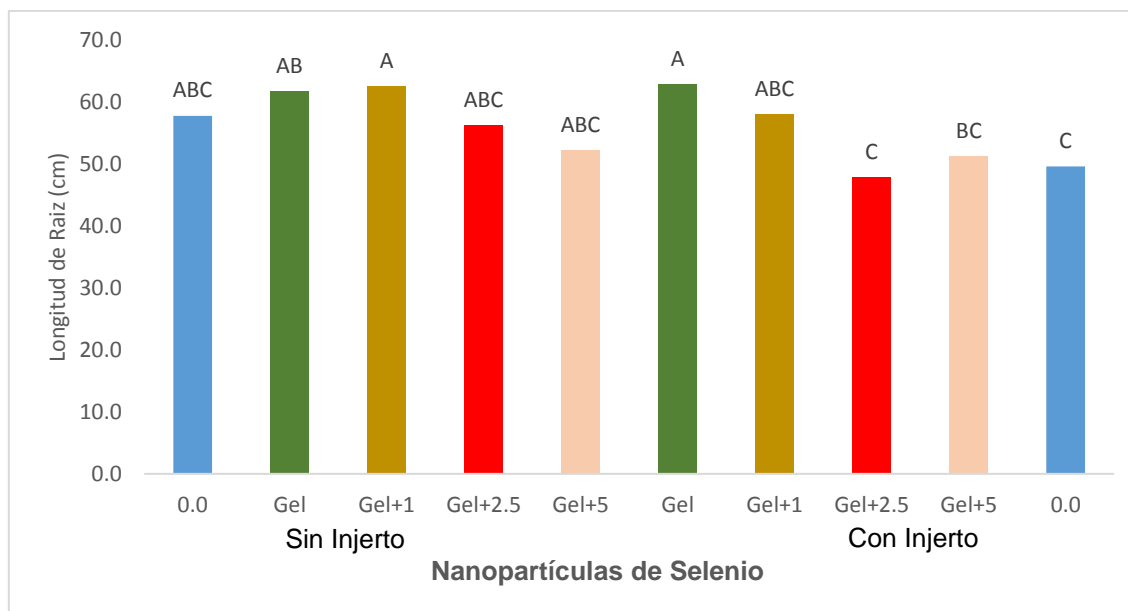


Figura 13. Longitud de la raíz del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.14-Peso del Tallo.

Para esta variable y según el análisis estadístico se observa que hay un efecto positivo en las plantas con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio en cuanto al peso del tallo siendo los tratamientos T1(s/injerto) y T3 (Gel + 1 mg de Se s/injerto) los cuales mostraron mayor peso del tallo en comparación los demás tratamientos. Esto nos demuestra que el injerto no influye de manera positiva en el peso del tallo. Coincide con Terry. *et al.*, 2000, efectos beneficiosos del Selenio sobre las plantas a través de la promoción del crecimiento y peso. El efecto del selenio fue positivo para tallos y hojas así como para el peso seco y contenido de materia seca de los frutos reportados para *Cucúrbita pepo* Germ. *et al.*, 2005.

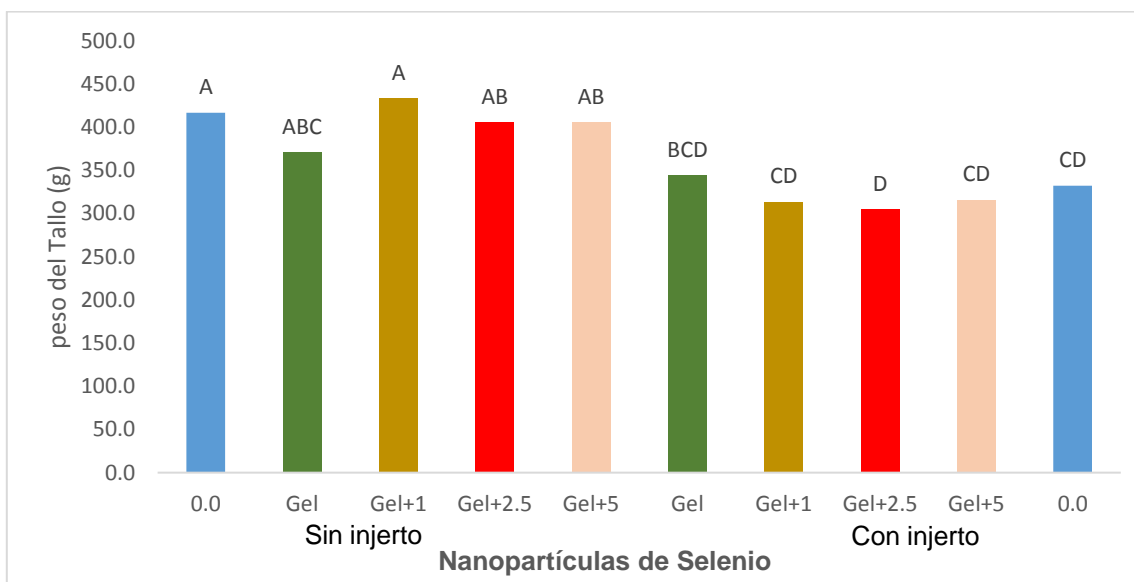


Figura 14. Peso del tallo del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.15. Área Foliar.

Los resultados obtenidos para la variable área foliar mostraron diferencia significativa en cuanto a las plantas con/sin injerto y cultivadas con nanopartículas de selenio siendo el T3 (s/injerto Gel +1 mg de Se), el que mostro mayor área foliar. Esto nos demuestra que la aplicación de NPs de Se con y sin injerto no tiene un efecto positivo en el área foliar. Un incremento de biomasa se atribuye a la acumulación de minerales y fotoasimilados al incrementar el área foliar Rivero. *et al.*, 2003.

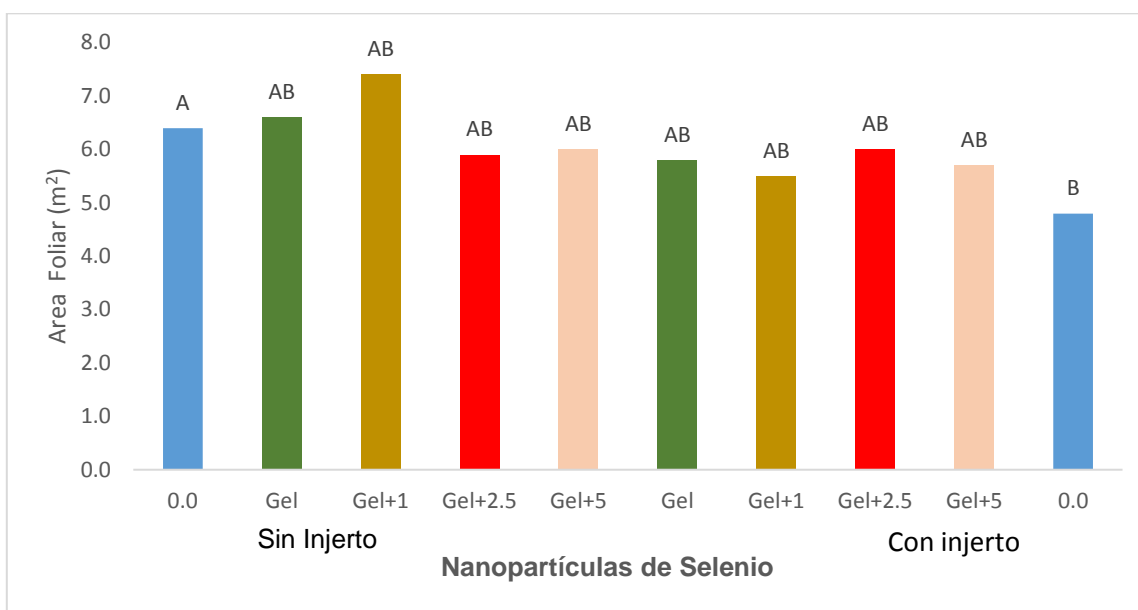


Figura 15. Área foliar del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

4.16. Área Foliar Específica.

Los resultados de la variable área foliar específica muestran que hay una diferencia positiva entre los tratamientos con/sin injerto y cultivados con nanopartículas de selenio siendo el T8 (Gel + 2.5 mg de Se c/injerto), el que mostro mayor área foliar específica con 0.052 m²·g en comparación al testigo. Los resultados nos demuestran que si hay una diferencia de 0.014 m²·g. Esto nos indica que ese tratamiento tubo una mayor relación entre el área de la planta y el peso seco del total de las hojas esto fue afectado por la dosis 2.5 mg de Se, produciendo hojas más densas o más pesadas con respecto a los demás tratamientos, la planta se dedico a producir más biomasa por cm², si se estuviera produciendo pasto sería buena opción aplicar esta dosis. Hay informes de que la aplicación de Se a plantas bajo estrés por sequía mejoró la tolerancia a la sequía y mitigó los efectos adversos del peso seco total, índice de hojas (IAF), tasa de crecimiento relativo (RGR) y cultivo la tasa de crecimiento (CGR) y el rendimiento y la eficiencia del uso del agua se incrementan Valadabadi., 2010.

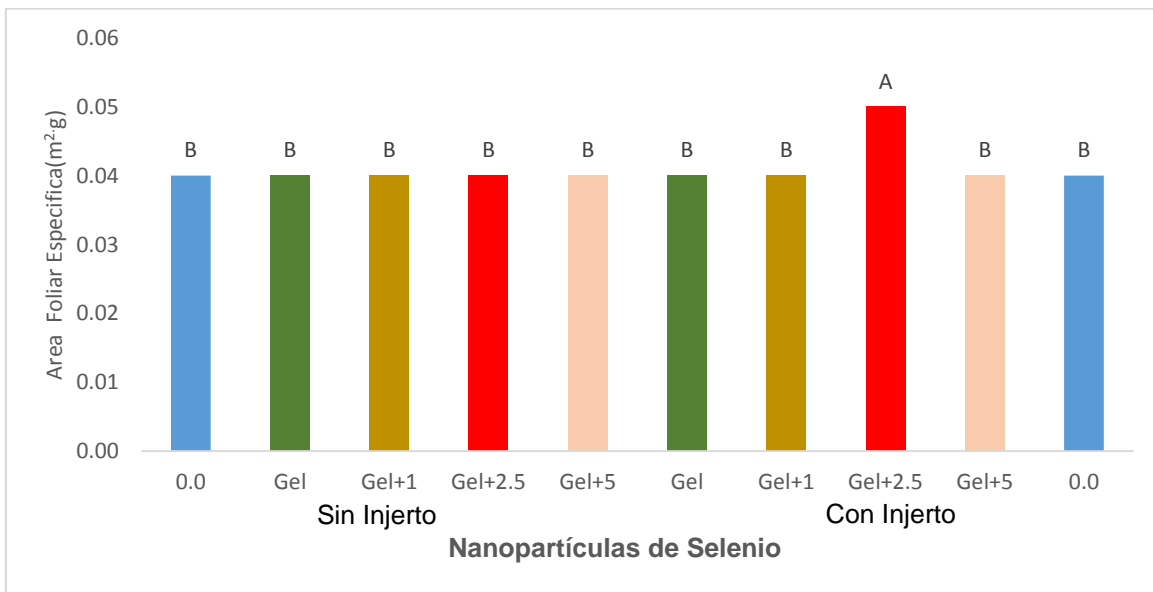


Figura 16. Área foliar específica del cultivo de pepino injertado y cultivado con nanopartículas de selenio.

V. CONCLUSIONES

La interacción injerto nanopartículas, aplicando 2.5 mg de Se encapsulado en gel de quitosán tiene un efecto positivo, aumentando de manera considerable el peso del fruto.

En cuanto al diámetro de fruto, número de frutos, peso del fruto y rendimiento estos fueron afectados de manera positiva por el injerto.

La aplicación de NPs de Selenio a una dosis de 1 mg, aumenta la firmeza de los frutos y por consiguiente tienen una mejor calidad y más vida de postcosecha.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, J; Beltrán, M; y Mateus, A. 2014.** Viabilidad de producción bajo invernadero del pepino europeo (*C. sativus* L.) híbrido Cumlaude RZ- F1 en la vereda cascadas del municipio de Susa, Cundinamarca. Tesis. Ing. Agrónomo. UNAD. Chiquinquirá, CO. p 23.
- Bañuelos G. S, and Mayland H, F. 2000.** Absorption and Distribution of selenium in Animals Consuming Canola Grownfor Selenium Phytoremediation. *Ecotox. Env. Saf.* 46:322-8.
- Barry, R.C., Y. Lin., J. Wang, G. Liu, Ch.A. Timchalk. 2009.** J. Exposure Sci. Environ. Epidemiology, 19, 1.
- Becvort-Azurra, A.; Fuentes-Lara, L. O.; Benavides-Mendoza, A.; Ramírez, H.; Robledo-Torres, V. y Rodríguez-Mendoza, M. N. 2012.** Aplicación de selenio en tomate: crecimiento, productividad y estado antioxidante del fruto. *Terra Latinoamericana.* 30:291-301.
- Benavides- Mendoza, A., Becvort-Azurra, A., Fuentes-Lara, L. O., Ramírez, H., Robledo Torres, V., & Rodriguez-Mendoza, M. de las N. 2011.** Selenium accumulation of tomato and its effect on the plant growth, productivity and fruit, (1), 1-15.
- Bitterli, C., Bañuelos, G. S., \$ Schulin, R. 2010.** Use of transfer factors to characterizeuptakeof selenium by pants. *Journal of Geochemical Exploration,* 107(2), 206-216.
- Cano, Z. J.J. 2005.** Agroproductos y Servicios Orgánicos de Uruapan.
- Casaca, A. 2005.** Guías tecnológicas de frutas y vegetales – El cultivo del pepino.
- Cartes, P., Gianfera, L. and Mora, M.L. 2005.** Uptake of selenium and its antioxidative activity in ryegrass when applied a selenite and selenite forms plant soil. 276:359-367.

- Cartes, P., Jara, A.A., Pinilla, L., Rosas, A., & Mora, M.L. 2010.** Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass root. *Annals of Applied Biology*, 156, 297-307.
- Coppo, J. A. 2009.** Nanotecnología, medicina veterinaria y producción agropecuaria. *Rev. Vet. [Revista en línea]*, 20: 1. Pp. 61-71.
- Chaveco O, Padrón M, Permuy N, Ruiz V, Pachón H, Beebe S, Selva L. 2006.** Biofortificación del frijol común con hierro y zinc una alternativa en la estrategia de diversificación alimentaria en Cuba.
- Crespilho, F., V. Cirzucolotto, J.R. Siqueira Jr. C.J.L. Constatino, F.C. Nart, O.N. Oliveira Jr. 2005.** *Environ. Sci. Technol.* 39, 5385.
- Cruz J. G, Yañez B. E, Gutiérrez V. G., Bernal. A. J, Duran. C. E, Figueroa. G. S, Gardea. T. J., Y De la Rosa. A. M. 2011.** Investigación de la biotransformación de Se en tejidos de *Phaseolus vulgaris*. Mediante Espectroscopio de Absorción de rayos X. *Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato.* 21 (4). 48-54.
- Delgado, G.C. 2007.** Nanotecnología: Avances y retos. *Ciencia y Desarrollo.* 33 (206):19.23.
- Djanaguiraman, M. D., Devi, A. K., Shanker, A., Annie Sheeba, J. and Bangarusamy, U. 2004.** Impact of Selenium Spray on Monocarpic Senescence of Soybean (*Glycine max L.*). *Food Agri. Environ.*, 2: 44-47.
- Djanaguiraman M., Durga Devi D., K. Shanker Arun, Annie Sheeba J. And Bangarusamy U.2005.** Selenium an Antioxidative Protectant in Soybean During Senescence. *Plant and Soil* 272: 77–86.
- EFSA Europa, (2010). Consultado de.**
<http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pepino.pdf>. Noviembre 2017.
- Hartman H T, D E Kester 1984.** Propagación de Plantas. Continental, S.A. de C.V., México. 915 p.

- Gálvez H. F. 2004.** El cultivo de pepino en invernadero. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero, 2a ed. R J Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Guanajuato. México. pp: 282-293.
- Germ M., Osvald J. 2005.** Selenium treatment affected respiratory potential in *Eruca sativa* Acta agric. Slov., 85(2): 329-335.
- Hanson, B., Garifullina, G. F., Lindblom, S. D., Wangeline, A., Ackley, A., Kramer, A., Norton, A. P., Lawrence, C. B., y Pilon-Smits, E. A. H. 2003.** Selenium accumulation protects *Brassica juncea* from invertebrate herbivory and fungal infection. *New Phytologist*, 159: 461-469.
- Hartikainen H. 2005.** Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *J Trace Elem Med Biol* 18:309–318.
- Hernández, J. 2013.** Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Córdoba. pp. 31-81.
- Heijari, J., Kivimäenpää, M., Hartikainen, H., Julkunen-Tiitto, R., Wulff, A. 2006.** Responses of strawberry (*Fragaria x ananassa*) to supplemental UV-B radiation and selenium under field conditions. *Plant and Soil*, 282: 27-39.
- Hoyos, D; Morales, J; Chavarría, H; Montoya, A; Correa, G y Jaramillo, S. 2012.** Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. Medellín, CO. Redalyc. Vol. 29. p. 21-27.
- Huang Y, Yuan L, Yin X. 2012.** Biofortification to Struggle Against Iron Deficiency. In: Yin X, Yuan L. (eds.). *Phytoremediation and Biofortification*. Springer Netherlands. 59-74 p.
- Hu, Q., Xu, J., Pang, G. 2003.** Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3379-3381.

INIFAP, 2010. Consultado de.
<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1675/Guia%20tecnica%20para%20el%20area%20deinfluencia%20del%20campo%20experimental%20valle%20de%20culiacan.pdf?sequence=1>. Febrero 2018.

Intagri, 2014. Consultado de.
<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-pepino-en-invernadero>. Octubre 2017.

Jo, Y. K., Cromwell, W., Jeong, H. K., Thorkelson, J., Roh, J. H., and Shin, D. B. 2015. Use of silver nanoparticles for managing *Gibberella fujikuroi* on rice seedlings. *Crop Protection*, 74, 65-69.

Juárez-Maldonado, A., Ortega-Ortíz, H., Pérez-Labrada, F., Cadenas-Pliego, G and Benavides-Mendoza, A. 2016. Cu Nanoparticles absorbed on chitosan hydrogels positively alter morphological, production, and quality characteristics of tomato. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 89: 183-189.

Juárez-Maldonado, A., Ortega-Ortíz, H., Benavides-Mendoza, A., CadenasPliego, G., and Pérez-Labrada, F. 2015. Efecto en el rendimiento, contenido de minerales y compuestos antioxidantes en lechuga con aplicación de nanopartículas de Cu absorbidas en hidrogeles de quitosano. XV congreso iberoamericano para el desarrollo y aplicación de los plásticos en la agricultura, 318 pp. Saltillo, Coahuila, México. 28-30 octubre 2015.

Juárez-Maldonado, A., Ortega-Ortíz, H., Benavides-Mendoza, A., CadenasPliego, G., and Pérez-Labrada, F. 2015. Efecto de la aplicación de hidrogeles de quitosán nCU sobre los compuestos antioxidantes en tomate. In "Simposium Iberoamericano de Quitina" (S. i. d. quitina, ed.), pp. 90, Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

- Karami, S., R. heidari, F. Rahmani. 2015.** Effect of silver nanoparticles on free aminoacids content and antioxidant defense system of tomato plants. *Indian Journal of Physiology Plant* 3(20): 257-263.
- Kole, C., P. Kole, K.M. Choudhary, R. Podilla, P. C. Ke, A. M. Rao, R. K. Marcus. 2013.** Nanobiotechnology can boost crop production and quality: first evidence from increased plant biomass, fruit yield and phytomedicine content in bitter melón (*Momordica charatina* L.). *BMC Biotechnology* 13-37.
- Komskly, W y Ellis, J. 2000.** Historia del pepino.<http://www.mundogar.com/ideas/ficha.asp?id=9962>.
- Kubota C M, N McClure, M G Kokalis-Burelle, E N Roskopf 2008.** Vegetable grafting: history, use, and current technology status in North America. *HortScience*. 43(6):1664-1669.
- Khaydarov, R.R., Khaydarov, R.A.,Gapurova, O., Estrin, Y., Evgrafova, S., Scheper, T., Cho, S.Y. 2009.** “Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles Synthesized by an Electrochemical Method.” *Nanostructured Materials for Advanced Technological Applications*. p.p. 215-218.
- Lee J 1994.** Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*. 29(4): 235-239.
- Lee J M, M Oda 2003.** Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. In: *Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons. Vol. 28. USA, New York. 478 p.
- Malavolta, E., G.C. Vitti, y S.A. de Oliveira. 1997.** Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Ed. POTAFOS, 2da ed., rev. e actual. Piracicaba, Brasil. 319 p.
- Maroto, J. V. 2002.** *Horticultura Herbácea Especial*. 5a edición. Mundi- Prensa España. Pp 533-562.
- Mármol Reche José, 2011.** Cultivo del pepino en Invernadero, ministerio de medio ambiente y medio rural y marino ,http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/cultivo_

del_pepino_en_invernadero._primeras_p%C3%A1ginas_tcm7
213611.pdf.

Méndez- Arguello, B., Vera-Reyes, I., Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L. A., Puente-Urbina, B. A y Lira-Saldívar, R. H. 2016. Promoción del crecimiento en plantas de *Capsicum annum* por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova Scientia* 8(2): 140-156.

Mengel, K., Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, 687p.

México Calidad Suprema, 2005. Consultado de.
http://mexicocalidadsuprema.org/assets/galeria/PC_021_2005_Pepino.pdf.
Marzo 2018.

Miguel de A. y M. Martín. 2007. Injerto de hortalizas Ministerio agricultura, pesca y alimentación. España pp.63-92.

Molins, R. 2008. Oportunidades y amenazas de la nanotecnología para la salud, los alimentos, la agricultura y el ambiente. *Revista Electrónica Comuniica. Innovación y tecnología [Revista en línea]*, Año 4, 2da etapa: enero – abril 2008, Pp. 38-53.

Nancy, D. and Arulselvi, P. I. 2014. Effect of Selenium Fortification on Biochemical Activities of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Plants. *Indo Am. J. Pharm. Res.*, 4: 3997-4005.

Nhan Le, V., Rui, Y., Gui, X., Li, X., Liu, S and Han, Y. 2014. Uptake, transport, distribution and Bio-effects of SiO₂ nanoparticles in Bt-transgenic cotton. *Journal of Nanobiotechnology* 12: 50.

Oidor, J. 2013. Determinación de compuestos bioactivos en la planta *C. sativus* L (pepino) evaluando diferentes tipos de fertilización en vivero.

- Oikeh SO, Menkir A, Maziya-Dixon B, Welch R, Glahn R. 2003.** Assessment of Concentrations of Iron and Zinc and Bioavailable Iron in Grains of Early-Maturing Tropical Maize Varieties. *J Agr Food Chem.* 51: 3688-3694.
- Pennanen, A., Xue, T., Hartikainen, H. 2002.** Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany*, 76: 66-76.
- Pezzarossa, B., Rosellini, I., Malorgio, F., Borghesi, E., & Tonutti, P. 2013.** Effects of selenium enrichment of tomato plants on ripe fruit metabolism and composition. *Acta Horticulturae*, 1012, 247–251.
- Ramírez, A., Contreras, J., Palomo, A., Álvarez, V., Rodríguez, S., García. 2012.** Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional agronomía mesoamericana 23(2):259-267. 2012 issn: 1021-7444.
- Rayman, MP.** The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000. 356: 233-41.
- Reche, J. 2011.** Cultivo del pepino en invernadero. 1 ed. España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino p 21, 25.
- Rivero, R., Ruiz, J., & Romero, L. 2003.** Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food ...*, 1(January), 70–74. Retrieved from http://www.researchgate.net/publication/236211274_Role_of_grafting_in_horticultural_plants_under_stress_conditions/file/e0b495170043787b85.df.
- SAG, 2005. Consultado de.**
<http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2286/pepino.pdf>.
 Noviembre 2017.
- Samrat, R. Mahua, G., Amrita, M., Dipankar, C., Moumita, P., Saheli, P., Arunava, G. 2011.** “Surface-modified sulfur nanoparticles: an effective antifungal agent against *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum*”. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol 90, Num 2, Pág 733-743.

Semillaria, 2010. (En línea) <http://semillaria.es/index.php/libros-y-articulos/libros/2792-libros-recomendados,-cultivos-pepino/301-taxonomia>. Enero 2018.

SIAP, 2016. Consultado de.
http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016. Septiembre 2017.

Shivay Y, Prasad R. 2012. Zinc-coated urea improves productivity and quality of basmati rice (*Oryza sativa* L.) under zinc stress condition. *J Plant Nutr.* 35: 928-951.

Tang L., G. M. Zeng, G. Shen, Y. P. Li, Y. Zhang, D. L. Huang. 2008. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42: 1207-1212.

Terry N., A. M. Zayer, M. P. de Souza, and A. S. 2000. Selenium in Higher plants . *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:401-32.

Turakainen, M., Hartikainen, H., Seppanen, M. M. 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum* L.) Growth and concentrations of soluble sugars and starch. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 52: 5378- 5382.

Turakainen, M. 2007. Selenium and its effects on growth, yield and tuber quality in potato. University of Helsinki, Helsinki. ISBN: 9521034661, 50p.

TRADECORP, 2013. Nutri-performance, Hortalizas, Cultivo de pepino.

UC SAREP. 2003. Sustainable Agriculture Research and Education Program, University of California, USDA National Organic Program. National Organic Standards Board Technical Advisory Panel (NOSB TAP) Review. Potassium Silicate for use in crop production.

Umber, H.H., Arshad, M., Arif A., Ahmed, N and Ahmed, Q. 2015. Phytoavailability of phosphorus to *Lactuca sativa* in response to soil applied TiO₂ nanoparticles. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 52(1): 177- 182.

USAID, 2007. Consultado de.
<http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/3574/Manual%20para%20Producci%C3%B3n%20de%20Pepino.pdf>. Diciembre 2017

Valadabadi SA, Shiranirad AH and Farahani HA, Ecophysiological influences of zeolite and selenium on wáter deficit stress tolerance in different rapeseed cultivars. *J Ecol Nat Environ* 2:154 – 159(2010).

Valdiviezo Freire, E., M. Sandoval Villa, R. Carrillo González, G. Alcántar González, y J. A. Santizo Rincón. 2005. Absorción y transporte de cadmio y níquel en tomate. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

Vázquez, B. 2012. Efecto del selenio en la vida poscosecha del tomate. México. pp. 27-39.

Wang, Q., X. W. Zhang, H. Pei and Y. Chen. 2012. The impact of cerium oxide nanoparticles on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and its implications for food safety. *Metallomics* 10:8.

Wang, Yu-Dong., Wang, X. and Wong, Y. 2013. Generation of Selenium-enriched Rice with Enhanced Grain Yield, Selenium Content and Bioavailability through Fertilisation with Selenite. *Food Chem.*, 141: 2385-2393.

Wen, T.N., C. LI, y C.S. Chen. 1988. Ubiquity of selenium containing RNA in plants. *Plant Science.* 57:185-193.

White, P. J., H. C. Bowen, P. Parmaguru, M. Fritz, W. P. Spracklen, R. E. Spiby, M. C. Meacham, A. Mead, M. Harriman, L. J. Trueman, B. M. Smith, B. Thomas, and M. R. Broadley. 2004. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp. Bot.* 55:1927-1937.

Xue, T., Hartikainen, H. and Piironen, V. 2001. Antioxidative and Growth-promoting Effect of Selenium in Senescing Lettuce. *Plant Soil*, 27: 55-61.

Yáñez, J. y Jarrín, S. 2009. Nanoalimentos: Una nueva tecnología en nuestras mesas. [Documento en línea].

Yao, X., Jianzhou, C., Xueli, H., Binbin, L., Jingmin, L. and Zhaowei, Y. 2013. Effects of Selenium on Agronomical Characters of Winter Wheat Exposed to Enhanced Ultraviolet-B. *Ecotox. Environ. Safe.*, 92: 320326.

Yin X, YUAN L, LIU Y, LIN Z. 2012. Phytoremediation and Biofortification: Two Sides of One Coin. P 1-6. In: Yin X, Yuan L. (eds.) *Phytoremediation and Biofortification*. Springer.

Zhang M, Tang S, Huang X, Zhang F, Pang Y, Huang Q 2014. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa*, L.) *Environ Exp Bot* 107:39–45.

VII. ANEXOS

Tabla 1 A. Análisis de varianza para longitud de fruto.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	7.64681400	0.58821646	0.52	0.8993
Error	36	40.99714800	1.13880967		
Total	49	48.64396200			

Tabla 2 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de fruto.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	20.3 cm	A
2	21.2 cm	A
3	20.5 cm	A
4	21.2 cm	A
5	21.2 cm	A
6	21.0 cm	A
7	21.1 cm	A
8	21.2 cm	A
9	20.7 cm	A
10	21.5 cm	A

Tabla 3 A. Análisis de varianza para peso de fruto.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	11430.34624	879.25740	1.17	0.3379
Error	36	27017.94056	750.49835		
Total	49	38448.28680			

Tabla 4 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso de fruto.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	236.8 g	B
2	257.3 g	AB
3	241.6 g	AB
4	225.0 g	B
5	248.2 g	AB
6	257.6 g	AB
7	250.6 g	AB
8	280.8 g	A
9	257.8 g	AB
10	265.2 g	AB

Tabla 5 A. Análisis de varianza para diámetro de fruto.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	67.5595060	5.1968851	1.11	0.3837
Error	36	168.8134320	4.6892620		
Total	49	236.3729380			

Tabla 6 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; diámetro de fruto.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	14.4 cm	A
2	14.6 cm	A
3	14.7 cm	A
4	13.8 cm	AB
5	13.4 cm	AB
6	12.4 cm	BC
7	11.1 cm	CD
8	9.6 cm	DE
9	9.5 cm	E
10	10.0 cm	DE

Tabla 7 A. Análisis de varianza para firmeza de fruto.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	18.70600000	1.55883333	2.81	0.0127
Error	27	15.00175000	0.55562037		
Total	39	33.70775000			

Tabla 8 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; firmeza de fruto.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	6 kg·cm ²	CD
2	7 kg·cm ²	A
3	7 kg·cm ²	A
4	7 kg·cm ²	A
5	7 kg·cm ²	AB
6	6 kg·cm ²	BCD
7	6 kg·cm ²	ABCD
8	6 kg·cm ²	ABCD
9	7 kg·cm ²	ABC
10	6 kg·cm ²	D

Tabla 9 A. Análisis de varianza para rendimiento.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	9.61119650	0.73932281	1.55	0.1469
Error	36	17.16630800	0.47684189		
Total	49	26.77750450			

Tabla 10 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; rendimiento.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	2.4 kg	ABC
2	2.7 kg	ABC
3	2.7 kg	ABC
4	1.8 kg	C
5	2.7 kg	ABC
6	2.1 kg	BC
7	2.7 kg	ABC
8	2.7 kg	ABC
9	2.9 kg	AB
10	3.4 kg	A

Tabla 11 A. Análisis de varianza para grados brix.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	12	1.12100000	0.09341667	0.63	0.8023
Error	27	4.03400000	0.14940741		
Total	39	5.15500000			

Tabla 12 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; grados brix.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	3°	A
2	2°	A
3	2°	A
4	2°	A
5	3°	A
6	3°	A
7	3°	A
8	3°	A
9	3°	A
10	3°	A

Tabla 13 A. Análisis de varianza para longitud de la guía principal.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	1.60453400	0.12342569	0.85	0.6112
Error	36	5.24690800	0.14574744		
Total	49	6.85144200			

Tabla 14 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de la guía principal.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	4.4 m	A
2	4.5 m	A
3	4.4 m	A
4	4.5 m	A
5	4.5 m	A
6	4.4 m	A
7	4.0 m	A
8	4.1 m	A
9	4.5 m	A
10	4.6 m	A

Tabla 15 A. Análisis de varianza para diámetro del tallo.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	202.7971000	15.5997769	12.97	<.0001
Error	36	43.2995000	1.2027639		
Total	49	43.2995000			

Tabla 16 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; diámetro del tallo.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	14.4 mm	A
2	14.6 mm	A
3	14.7 mm	A
4	13.8 mm	AB
5	13.4 mm	AB
6	12.4 mm	BC
7	11.1 mm	CD
8	9.6 mm	DE
9	9.5 mm	E
10	10.0 mm	DE

Tabla 17 A. Análisis de varianza para número de hojas.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	369.8400000	28.4492308	2.00	0.0502
Error	36	511.6800000	14.2133333		
Total	49	881.5200000			

Tabla 18 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; número de hojas.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	50.2	BC
2	50.2	BC
3	49.6	BC
4	50.4	BC
5	52.2	AB
6	50.6	AB
7	46.6	C
8	53.8	AB
9	54.8	AB
10	56	A

Tabla 19 A. Análisis de varianza para número de frutos.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	92.6400000	7.1261538	1.13	0.3669
Error	36	226.8800000	6.3022222		
Total	49	319.5200000			

Tabla 20 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; número de frutos.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	10.2	AB
2	10.8	AB
3	11.2	AB
4	8	B
5	11	AB
6	8.2	B
7	10.6	AB
8	10	AB
9	11.4	AB
10	12.2	A

Tabla 21 A. Análisis de varianza para peso fresco aéreo.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	24177.54000	1859.81077	1.80	0.0817
Error	36	37208.08000	1033.55778		
Total	49	61385.62000			

Tabla 22 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso fresco aéreo.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	162.0 g	AB
2	163.4 g	AB
3	188.8 g	A
4	141.6 g	BC
5	149.0 g	ABC
6	135.4 g	BC
7	136.4 g	BC
8	125.0 g	BC
9	129.4 g	BC
10	111.6 g	C

Tabla 23 A. Análisis de varianza para peso fresco raíz.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	9218.64000	709.12615	1.27	0.2745
Error	36	20088.48000	558.01333		
Total	49	29307.12000			

Tabla 24 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso fresco raíz.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	46.4 g	BC
2	50.0 g	ABC
3	44.6 g	C
4	83.6 g	A
5	51.8 g	ABC
6	80.0 g	AB
7	59.6 g	ABC
8	58.8 g	ABC
9	71.2 g	ABC
10	61.6 g	ABC

Tabla 25 A. Análisis de varianza para longitud de raíz.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	1665.400000	128.107692	2.22	0.0296
Error	36	2078.600000	57.738889		
Total	49	3744.000000			

Tabla 26 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; longitud de raíz.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	57.8 cm	ABC
2	61.8 cm	AB
3	62.6 cm	A
4	56.2 cm	ABC
5	52.2 cm	ABC
6	62.8 cm	A
7	58.0 cm	ABC
8	47.8 cm	C
9	51.2 cm	BC
10	49.6 cm	C

Tabla 27 A. Análisis de varianza para peso del tallo.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	108137.4000	8318.2615	4.17	0.0003
Error	36	71764.6000	1993.4611		
Total	49	179902.0000			

Tabla 28 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; peso del tallo.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	416.8 g	A
2	371.0 g	ABC
3	433.8 g	A
4	406.0 g	AB
5	405.4 g	AB
6	344.0 g	BCD
7	313.8 g	CD
8	305.2 g	D
9	316.0 g	CD
10	332.2 g	CD

Tabla 29 A. Análisis de varianza para área foliar.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	24.65592400	1.89660954	1.06	0.4211
Error	36	64.39534800	1.78875967		
Total	49	89.05127200			

Tabla 30 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; área foliar.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	6.4 m ²	A
2	6.6 m ²	AB
3	7.4 m ²	AB
4	5.9 m ²	AB
5	6.0 m ²	AB
6	5.8 m ²	AB
7	5.5 m ²	AB
8	6.0 m ²	AB
9	5.7 m ²	AB
10	4.8 m ²	B

Tabla 31 A. Análisis de varianza para área foliar específica.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	0.00083600	0.00006431	1.79	0.0832
Error	36	0.00129200	0.00003589		
Total	49	0.00212800			

Tabla 32 A. Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para la variable; área foliar específica.

TRATAMIENTOS	Media	Duncan agrupamiento
1	0.04 m ² .g	B
2	0.04 m ² .g	B
3	0.04 m ² .g	B
4	0.04 m ² .g	B
5	0.04 m ² .g	B
6	0.04 m ² .g	B
7	0.04 m ² .g	B
8	0.05 m ² .g	A
9	0.04 m ² .g	B
10	0.04 m ² .g	B