

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Comportamiento Agronómico de la Berenjena (*Solanum melongena* L) Injertada y Cultivada con Nanopartículas de Óxido de Zinc

Por:

**FRANCISCO ESTRADA LARA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Comportamiento Agronómico de la Berenjena (*Solanum melongena* L) Injertada y  
Cultivada con Nanopartículas de Óxido de Zinc

Por:

**FRANCISCO ESTRADA LARA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente

Asesor Principal

  
Dra. Rocío Maricela Peralta Manjarrez

Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2019

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Dios por la vida y la oportunidad que me dio de concluir una etapa más en mi vida.

Le quiero dar gracias en especial a mis padres Rosendo Estrada Rebollar † e Ignacia Lara Garfias porque sin ellos yo no hubiese podido concluir esta etapa, gracias a su esfuerzo, trabajo, dedicación, confianza, cariño, entre muchas cosas más, este logro es por ustedes y para ustedes, son mi más grande motivación para concluir cualquier meta Gracias.

Quiero dar gracias a mis Hermanos Jorge Estrada Lara, Griselda Mondragón Lara y Hortensia Mondragón Lara por el apoyo incondicional en toda mi vida educativa, por sus consejos, sus regaños por ayudarme a cumplir mis objetivos y a nunca darme por vencido en la vida.

Agradezco también a mi cuñado Jorge Hernández Blanco y sobrinos Evelin Gisell Hernández Mondragón y Mateo Hernández Mondragón por siempre estar conmigo cuando más los necesito sus bromas, su cariño, todo el apoyo incondicional.

Gracias a Lupita por la oportunidad y la confianza que me brindo para ser parte de un proyecto tan importante para ambos, gracias por siempre escucharme y estar conmigo en los momentos divertidos y en los tristes también, eres la mejor amiga que pude conocer en la universidad.

Gracias a mis compañeros que aun que no somos de la misma carrera siempre me brindaron su amistad y confianza gracias Adrián Hernández Coronado (El Noruego) tú me enseñaste el verdadero significado de la amistad eres como mi segundo hermano, Homero García, Homero G. Ibarra, Ulises García, Jonathan Gómez, Luis Juárez, Valente Malacara, Arturo Alfaro, Isabel

Torres, Karina Zarazúa, Andrea De la Peña y María Dolores, gracias por siempre sonsacarme para las fiestas y nunca dejarme solo.

Gracias a la Dra. Miriam Sánchez Vega por su confianza que me brindo desde que tuve la oportunidad de llevar clases con usted, gracias a usted conocí el valor del trabajo en equipo y la importancia de siempre salir adelante ante las adversidades.

Muy en especial le doy gracia a mi asesor el Dr. Marcelino Cabrera por la gran oportunidad que me brindo al aceptarme como su tesista, gracias por su comprensión, apoyo y sus grandes consejos que me han abierto los ojos para con la vida.

## DEDICATORIA

A mi Padre

Rosendo Estrada Rebollar †

La figura de nuestro padre es quizás la más importante de nuestra vida junto a la de nuestra madre, ellos son nuestro ejemplo a seguir en la vida. Podemos definir a un padre de muchas formas, tantas como padres hay, pero sobre todo un padre es amor incondicional hacia sus hijos, es nuestro defensor en la vida, es quién siempre estará ahí para apoyarnos y amarnos por encima de todo, sin esperar nada a cambio.

Quiero dedicar este logro a mi padre gracias por confiar en mí cuando todos decían que yo no podía, gracias por darme todo tu amor, por tu esfuerzo por sacar a todos tus hijos adelante, me dejaste un gran vacío con tu partida este logro es tuyo y para tí, sé que desde el lugar que te encuentres estarás orgulloso de mí y que siempre tendré tu bendición en cada una de las metas que me proponga en el camino.

“Gracias por ser la luz en los momentos oscuros, la esperanza en mis malos momentos y el coraje cuando el miedo me superaba. Te amo papá”

Cuando miro al cielo me invade la emoción al recordarte, cuidame desde allí arriba y espérame, que algún día volveremos a abrazarnos, no tendría vida para pagarte todo lo que has hecho por mí, pero te prometo que siempre seguiré tus pasos y tus consejos.

Dicen que uno no sabe lo que tiene hasta que lo pierde, Felizmente ese no fue mi caso contigo, Papá. Todo el tiempo que vivimos juntos supe que tenía a mi lado al mejor hombre del mundo. Siempre fuiste muy paciente conmigo, me enseñabas

todo con mucha dedicación y cariño, no dejabas de protegerme, pero también me brindabas confianza y libertad para valerme por mí mismo. Papá, si me pusiera a decirte todas las lindas cosas que hiciste por mí, jamás terminaría. Te extraño mucho y no sabes cuánto quisiera poder llenarte de besos, te mando con todo corazón mi logro para que tu alma los reciba donde quiera que te encuentres. "Hasta el cielo, mi querido viejo"

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>i. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo general.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Hipótesis .....</b>	<b>2</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. 1 Importancia del Cultivo.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Producción Mundial del Cultivo.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Producción Nacional.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Valor Nutricional de la Berenjena .....</b>	<b>3</b>
<b>2.5 Injerto en Hortalizas .....</b>	<b>4</b>
<b>2.6 Características de los Portainjertos .....</b>	<b>4</b>
<b>2.7 Tipos De Injerto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.8 Ventajas del Injerto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.9 Desventajas del Injerto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.10 La Nanotecnología .....</b>	<b>6</b>
<b>2.11 Nanopartículas en la Agricultura .....</b>	<b>6</b>
<b>2.12 Nanopartículas en Hortalizas .....</b>	<b>7</b>
<b>2.13 Nanopartículas de óxido de zinc.....</b>	<b>7</b>
<b>2.14 Componentes de Calidad Comercial .....</b>	<b>8</b>
<b>2.14.1 Contenido total de sólidos solubles.....</b>	<b>8</b>

2.14.2 Acidez activa- pH .....	8
2.14.3 Acidez valorable total .....	8
2.14.4 Contenido de humedad .....	9
2.14.5 Sólidos Totales (materia seca).....	9
2.14.6 Índice de Madurez .....	9
2.15 Parámetros de Calidad Comercial Externa .....	9
2.15.1 Medidas Morfométricas .....	9
2.15.2 Color.....	9
2.15.3 Firmeza .....	10
<b>III.MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3. 1 Localización geográfica.....	11
3.2 Material Vegetal Utilizado .....	11
3.3 Siembra .....	11
3.4 Realización del Injerto.....	11
3.5 Establecimiento del Cultivo.....	12
3.6 Manejo Nutricional .....	12
3.7 Nanopartículas .....	12
3.8 Aplicación de Tratamientos.....	12
3.9 Manejo del Cultivo.....	13
3.10 Variables Agronómicas Evaluadas.....	13
3.10.1 Altura de la Planta.....	13
3.11.2 Diámetro del Tallo .....	13
3.12.3 Número de Hojas.....	13
3.13.4 Número de Frutos .....	13
3.14.5 Peso de Frutos .....	14
3.15.6 Peso Seco de la Parte Aérea .....	14
3.16.7 Peso Seco de la Raíz .....	14
3.17.8 Variables de Calidad Comercial .....	14



3.17 .9 pH .....	14
3.17.10 Firmeza .....	14
3.17.11 Contenido de Sólidos Solubles Totales .....	15
3.17.12 Contenido de Vitamina C.....	15
3.17.13 Acidez Titulable.....	15
Análisis de datos.....	15
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
4.1 Altura .....	16
4.2 Diámetro de Tallo .....	17
4.3 Número de Hojas.....	17
4.4 Largo de Raíz.....	18
4.5 Peso seco de la parte aérea .....	19
4.6 Peso de frutos .....	20
<b>5 CALIDAD COMERCIAL.....</b>	<b>22</b>
<b>V. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

**Figura 1.** Altura de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanoparticulas de óxido de zinc.....17

**Figura 2.** Diámetro de tallo de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.....18

**Figura 3.** Número de hojas de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanoparticulas de óxido de zinc.....19

**Figura 4.** Largo de la raíz de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanoparticulas de óxido de zinc.....20

**Figura 5.** Peso seco de la parte aérea de plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanoparticulas de óxido de zinc.....21

**Figura 6.** Peso de frutos por planta en berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanoparticulas de óxido de zinc.....22

**LISTA DE CUADROS**

**Cuadro 1.**Tratamientos empleados en el experimento .....13

**Cuadro 2.** Efecto del injerto y la aplicación de Nps ZnO sobre variables de calidad de fruto de berenjena.....26

**RESUMEN**

La berenjena (*Solanum melongena* L) es una de las solanáceas de mayor importancia tanto para nuestro país como para otros países vecinos. El injerto en hortalizas es una alternativa de producción bajo condiciones adversas. La implementación de la nanotecnología en la agricultura es una herramienta que con un manejo adecuado se vuelve base importante para la producción sustentable.

El objetivo de este trabajo fue determinar el rendimiento agronómico y comercial de la berenjena con y sin injerto con el uso de nanopartículas de óxido de zinc. Se utilizó la variedad de berenjena (*Solanum melongena* L), variedad Black Beauty y como porta injerto se utilizó tomate rojo (*Solanum lycopersicum*), híbrido Colosus. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial (2X4), el primer factor fue injerto y sin injerto; el segundo factor fue nanopartículas de óxido de zinc en dosis de: 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm y 60 ppm, dando lugar a 8 tratamientos con 6 repeticiones cada uno. Las variables determinadas fueron, Altura (Alt), Diámetro de tallo (DT), Número de hojas (NH), Largo de raíz (LR), Peso seco de raíz (PSR), Peso seco de la parte aérea (PSA), Peso de frutos (PF), pH, Firmeza (FIR), Contenido de sólidos solubles (SST), Contenido de vitamina C (Vit C) y Ácidos titulables (AC). Como resultado el rendimiento agronómico fue mayor en plantas con injerto y con una dosis de nanopartículas de 20 y 40 mg/L<sup>-1</sup> obteniendo una producción hasta del doble en comparación al testigo.

**Palabras clave:** *Solanum melongena* L, nanopartículas, ZnO, productividad.

## i. INTRODUCCIÓN

La berenjena *Solanum melongena* L. var. *esculentum* es un cultivo de la familia *Solanaceae* la cual agrupa a otros cultivos importantes como la papa, tomate, chile, tabaco, entre otras. La planta de berenjena es susceptible a heladas y requiere de periodos largos y cálidos para su desarrollo y producción, (Lindgren *et al.*, 2008). Tanto en la producción como en la calidad, el cultivo de Berenjena, se ve afectado por la incidencia de plagas existentes en el suelo. Los nematodos dañan las raíces, provocando la ocurrencia de típicas “agallas” e interfiriendo en la absorción de nutrientes y agua del suelo, lo cual causa una reducción drástica en el rendimiento. Además, las heridas causadas en las raíces sirven de vía de acceso a otros patógenos que habitan en el suelo y cuyo daño también contribuye a reducir la cantidad y calidad de los frutos producidos, actualmente se estudian técnicas como el injerto en hortalizas que permite al cultivo desarrollarse adecuadamente y disminuir el uso de agroquímicos, (González *et al.*, 2008), otra ventaja de las plantas injertadas es que toleran condiciones ambientales estresantes como salinidad y temperaturas elevadas, (Khah *et al.*, 2006), además se ha encontrado que el efecto del injerto en algunas especies incrementa la acumulación de compuestos con actividad antioxidante (He *et al.*, 2009). Otro esfuerzo que busca disminuir la utilización de agroquímicos a escalas tan elevadas y de esta manera evitar su efecto perjudicial a la naturaleza es el uso de materiales nanométricos, (Ghormade *et al.*, 2011), ya que estos materiales presentan cualidades distintas a las conocidas en su escala convencional como son una alta conductividad, reactividad química, buena relación superficie volumen y propiedades ópticas únicas, (Nel *et al.* 2006; Niemeyer y Doz, 2001) lo que los hace muy útiles en la protección y nutrición de cultivos, (Oskam, 2006). Estas características tan particulares de los nanomateriales han resuelto muchos problemas en distintos campos de la ciencia e industria, (Scott y Chen, 2003), sin embargo, en la agricultura su utilización es reciente, pero va en aumento (Prasad *et al.*, 2014).

### **1.1. Objetivo general**

Determinar el rendimiento agronómico del cultivo de berenjena injertada y cultivada con Nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO).

### **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar el comportamiento de la productividad de las plantas de berenjena.
- Evaluar la calidad comercial del fruto en función del injerto y las nanopartículas de óxido de zinc.

### **1.3. Hipótesis**

El cultivo de la berenjena presentará un rendimiento heterogéneo respecto a las dosis de NPs ZnO y al injerto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del Cultivo

La berenjena es un cultivo hortícola de gran importancia económica. Es la sexta hortaliza a nivel mundial en volumen de producción (49.418 millones de kilos) en el año 2013 según los datos obtenidos en la FAO (FAOSTAT, 2015).

### 2.2 Producción Mundial del Cultivo

Según los últimos datos actualizados de la (FAO, 2017), India fue el mayor productor de berenjena en el 2017 con una producción 12,510,000 toneladas al año, México se posicionó en el lugar número 11, China es el país con más superficie sembrada de esta hortaliza en el 2017 con 786,266 hectáreas cultivadas. De los veinte países que más berenjena producen en todo el mundo, México y España son los que obtienen un mejor rendimiento en toneladas por hectárea. En 2017, México obtuvo un rendimiento de 72.62 ton/ha, mientras que el de España fue de 63.10 ton/ha.

### 2.3 Producción Nacional

México se encuentra entre los primeros lugares en producción a nivel mundial con 161,767 toneladas de Berenjenas al año. La superficie de 2,211 ha de siembra mexicana, permite al país obtener un volumen que lo posiciona entre los principales del mundo. Así mismo los horticultores mexicanos producen tres de cada mil toneladas de la berenjena cosechada en el mundo. Sinaloa tiene la mayor superficie este estado se posiciona como el estado líder a nivel nacional en el cultivo de esta hortaliza, los principales productores de berenjena a nivel nacional hasta mayo del 2019 son Sinaloa con una producción de 156,127 toneladas por año en una superficie sembrada de 1,994 ha, seguido por los estados de Nayarit, Sonora, Yucatán, Baja California Sur y Morelos, (SIAP, 2019).

### 2.4 Valor Nutricional de la Berenjena

A nivel nutricional, la berenjena destaca por su alto contenido en P, K, Cu y polifenoles (Hanson *et al.*, 2006; Raigón *et al.*, 2008). A este respecto, el alto contenido en polifenoles contribuye a la alta actividad antioxidante de la berenjena (Singh *et al.*, 2009). Su valor energético y nutritivo es pequeño comparado con el de otras verduras y hortalizas, siendo el componente mayoritario en su peso el agua (93%) en Berenjena. Es de contenido fibroso medio, pero más localizado en piel y semillas. La piel de la berenjena contiene

una antocianina, la nasunina, con acción antioxidante. Por cada 100 g de berenjena contiene; 1.2 g de Proteínas, 4.4 g de Hidratos de Carbono, 1.2 g de Fibra, 11 mg de Calcio, 0.7 mg de Hierro, 12 mg de Magnesio, 214 mg de Potasio, 21.4 mg de Fosforo 0.08 mg de Vitamina B<sub>6</sub>, 6 mg de Vitamina C, 3 mg de Vitamina A, 0.03 mg de Vitamina E, (EFSA, 2010).

## **2.5 Injerto en Hortalizas**

Los injertos son un método de propagación vegetativa que consiste en unir una especie vegetal ya asentada (patrón, portainjerto o pie) con la variedad que se quiere injertar (injerto) para que juntas crezcan cómo un único organismo, Ozores *et al.* (2010) lo define como nuevos brotes. Es una tecnología Hortícola, practicada durante muchos años en muchas partes del mundo, (Martínez *et al.*, 2006).

El injerto en hortalizas se ha adaptado para la producción de productos más ecológicos al poseer menor cantidad de productos químicos para reducir las enfermedades que atacan el cultivo, además se muestra un aumento en el rendimiento, (Lee *et al.*, 2010). Su utilización en cucurbitáceas ha mostrado ser muy favorable, ya que permite la instalación del cultivo en áreas o circunstancias desfavorables, además de que incrementa la producción y calidad de los frutos (Camacho, *et al.*, 2011).

## **2.6 Características de los Portainjertos**

Con los injertos se busca combinar las propiedades de las dos especies injertadas, así: el portainjerto o patrón, suele ser una especie resistente a ciertas plagas o enfermedades a las que la variedad injertada es susceptible de contraer, o su resistencia al medio es mayor (especies autóctonas, más rústicas, más especializadas a ciertos climas, etc.) proporcionando a la variedad injertada un soporte más vigoroso para crecer más. La técnica del uso de injertos en hortalizas ha sido importante para resolver problemas de enfermedades del suelo; ha sido utilizada para minimizar el efecto ambiental a través del incremento del vigor de la planta que les permite mayor tolerancia a altas temperaturas; y condiciones de otro tipo de estrés como salinidad, (Gaytán *et al.*, 2013).



## **2.7 Tipos De Injerto**

Han sido desarrollados básicamente dos tipos de injerto en hortalizas, uno en el que se mantiene tanto el sistema radical del patrón, como el de la variedad (injerto de aproximación en cucurbitáceas); y otro en el que el brote de la variedad se une a la planta del patrón (método de empalme en solanáceas). Otros tipos o métodos de injerto en cucurbitáceas son: injerto de hendidura, de brote, doble injerto, dakitsugi, injerto de cuña, y adosado. Los métodos de injerto han sido ampliamente descritos por varios autores (De la Torre, 2005; Davis *et al.*, 2008). En tomate se puede mencionar de perforación lateral, de púa sobre esqueje del patrón, púa de brote, de púa terminal, y dakitsugi. El injerto puede hacerse de manera manual, con máquinas semiautomáticas y métodos totalmente automáticos mediante el uso de robots. Cualquiera que sea el método, se busca que sea fácil y seguro. El objetivo es bajar los costos de ésta técnica y aumentar la eficiencia en el prendimiento de planta injertada, (Miguel, 2009).

## **2.8 Ventajas del Injerto**

En términos generales, el injerto es una técnica que permite cultivar especies sensibles a ciertos patógenos u otros problemas edáficos (salinidad, suelos mal drenados, temperaturas altas o bajas, suelos calizos, etc.) en suelos afectados por estas causas, utilizando el sistema radicular de plantas tolerantes o resistentes a ese problema y la parte aérea de la variedad a cultivar (Miguel *et al.*, 2007; Venema *et al.*, 2008; Abdelmageed y Gruda, 2009; Lee *et al.*, 2010). También se utiliza, aun en suelo previsiblemente sin problemas, con la finalidad de conseguir mayor producción cuando se utilizan patrones o portainjertos vigorosos, ya que en este caso las raíces del patrón son generalmente capaces de absorber agua y nutrientes más eficazmente que la variedad (Lee y Oda, 2003; Turhan *et al.*, 2011). En concreto, trabajos desarrollados por Ruiz y Romero (1999) y Leonardi y Giuffrida (2006) indican una mayor absorción de los macronutrientes fósforo y nitrógeno en plantas injertadas. Sin embargo, cuando el patrón utilizado no se caracteriza por su gran vigor, el efecto positivo del injerto sobre la producción no es tan evidente (Marsic y Osvald, 2004).

## **2.9 Desventajas del Injerto**

- Costos: Aumenta el costo por usar doble semilla, más espacio en invernadero para doble plántula en trasplante, uso de semilla certificada, mano de obra

especializada o capacitación extra, uso de variedades indeterminadas en vez de determinadas, pues se requiere menor tiempo de producción para recuperar la inversión.

- Incompatibilidad: Una mala ejecución del injerto puede afectar al desarrollo de la planta, presentándose trastornos fisiológicos (SACSA, 2016).

## **2.10 La Nanotecnología**

La nanotecnología constituye uno de los mayores avances en los tiempos actuales, esta consiste en la producción y uso de nuevos materiales a escalas en las cuales muestran efectos y propiedades distintos a los normalmente observados a escalas convencionales (Liu *et al.*, 2000). Las nanopartículas (NPs) en particular han mostrado tener una especial resistencia, una mayor reactividad química y mejor eficacia en campos como medicina, farmacéutica, electrónica y recientemente en la agricultura (Bhattacharyya *et al.*, 2010).

Recientemente se ha investigado sobre el uso de nanopartículas (NPs) como insecticidas, fungicidas y nanofertilizantes (Raliya *et al.*, 2016) con el objetivo reducir las cantidades aplicadas de productos fitosanitarios, minimizar las pérdidas de nutrientes en la fertilización e incrementar los rendimientos a través de un manejo optimizado de nutrientes (Das *et al.*, 2015).

## **2.11 Nanopartículas en la Agricultura**

En la nanotecnología, una partícula se define como un objeto pequeño que se comporta como una unidad completa con respecto a su transporte y propiedades. Por lo tanto, el diámetro de partícula es una variable utilizada para clasificar esas partículas. Por convención, las partículas gruesas son aquellas que cubren un rango de 10,000 a 2,500 nm, las partículas finas son aquellas que varían de 2,500 a 100 nm, y las nanopartículas (NP) (o partículas ultrafinas) tienen un tamaño de 1 a 100 nm, ya sea dispersos en medios gaseosos, líquidos o sólidos (Capaldi *et al.*, 2015).

Su aplicación en la agricultura podría mejorar la producción, la calidad de los alimentos y al mismo tiempo incrementar la sustentabilidad de los sistemas de producción actuales (Fraceto, *et al.*, 2016). Algunas de las proezas de las que se habla con el uso de la nanotecnología en la agricultura son: incremento de la producción de los sistemas convencionales, mejorar la calidad del suelo y como promotores de crecimiento

vegetativo, (The Royal Society, 2009 y Sekhon, 2014, Khot, *et al.*, 2012), esto gracias a que los compuestos nanométricos permiten incrementar la capacidad en las plantas de asimilar agua y nutrientes (Ma *et al.*, 2010) tal particularidad se debe a que los compuestos nanométricos actúan de forma distinta a los compuestos iónicos además de ser más eficientes y seguros para el medio ambiente (He, *et al.*, 2011).

La implementación de la nanotecnología en la agricultura requiere también el desarrollo de técnicas capaces de cuantificar nanopartículas de ingeniería en las concentraciones presentes en diferentes compartimentos ambientales (Sadik *et al.*, 2014).

### **2.12 Nanopartículas en Hortalizas**

Destaca el papel de las nanopartículas en la mejora las condiciones del suelo, los diferentes efectos sobre las plantas y la importancia de estas nanopartículas para la nutrición vegetal (Shalaby *et al.*, 2016). Recientemente se ha investigado sobre el uso de nanopartículas (NPs) como insecticidas, fungicidas y nanofertilizantes (Raliya *et al.*, 2016), con el objetivo reducir las cantidades aplicadas de productos fitosanitarios, minimizar las pérdidas de nutrientes en la fertilización e incrementar los rendimientos a través de un manejo optimizado de nutrientes (Das *et al.*, 2015). Se ha demostrado que el impacto de las NPs en las plantas depende de muchos factores como la composición, concentración, tamaño, y las propiedades físicas y químicas, e inclusive la especie vegetal de estudio (Shalaby *et al.*, 2016). Una concentración de NPs por encima de los rangos óptimos de metales como Zn, Cu, Ag, Ce, Ti, entre otros, produce estrés y/o toxicidad generando especies reactivas de oxígeno (EROs) lo que resulta en la disrupción del metabolismo celular. Bajo estas condiciones, las plantas producen enzimas antioxidantes y componentes no enzimáticos que protegen el sistema celular y subcelular de los efectos citotóxicos de las EROs (Aslani *et al.*, 2014; Siddiqi y Husen, 2017).

### **2.13 Nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO)**

En la agricultura son estudiadas por su actividad antimicrobial (Fang *et al.*, 2013; Sabir *et al.*, 2014) y por su potencial como nanofertilizantes, corrigiendo las deficiencias de zinc en las plantas, promoviendo el crecimiento y desarrollo (Dimkpa *et al.*, 2015; Naderí y Shahraki 2013; Raskar y Laware 2014).

Estudios señalan que concentraciones elevadas (1000 mg L<sup>-1</sup>) causan fitotoxicidad e inhibición de la germinación (Kyung-seok y Kong 2014; Zhang *et al.*, 2015) mientras que dosis bajas (< 50 mg L<sup>-1</sup>) han demostrado efectos significativos en el crecimiento y desarrollo (Nuñez *et al.*, 2017; Prasad *et al.*, 2012), reflejándose en mayor biomasa seca y área foliar.

Dicho efecto promotor ha sido atribuido al zinc, por ser uno de los micronutrientes esenciales para la división celular, así como por su influencia en la reactividad del ácido indolacético, el cual actúa como fitoestimulante hormonal, (Pandey *et al.*, 2017), la aplicación de nanopartículas al follaje de las plantas, penetran a través de los estomas y se translocan vía floema, cuando se aplica en la zona radicular, su translocación a la larga es principalmente por el apoplasto del tejido conductivo del xilema, (Mendez *et al.*, 2016).

## **2.14 Componentes de Calidad Comercial**

### **2.14.1 Contenido total de sólidos solubles**

Es el contenido de sólidos solubles totales, (Domene y Segura, 2014). La escala debe de ser de 3.9 grados Brix al encontrarse en el punto óptimo de corte del fruto, (Rangel *et al.*, 2002).

### **2.14.2 Acidez activa- pH**

Contenido de ácidos presentes, la capacidad de proliferación microbiana en conservación (valores bajos permitirán una vida de anaquel más amplia, en los frutos, más del 90% del volumen celular lo ocupa la vacuola, la cual usualmente es muy ácida, con un pH menor que 5 (Nanos y Kader, 1993).

### **2.14.3 Acidez valorable total**

Los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos en las diferentes especies de frutales, los precursores de los ácidos orgánicos, en su mayoría, son otros ácidos orgánicos o azúcares los cuales deben estar en el rango de 0.15 % (Kays, 2004).

#### **2.14.4 Contenido de humedad**

Domene y Segura (2014), indican que es un factor importante en la calidad de frutas y hortalizas, influye decisivamente en la conservación y en el deterioro de los frutos, todas las frutas y hortalizas contienen agua como componente mayoritario que oscila entre el 60 y 96 %.

#### **2.14.5 Sólidos Totales (materia seca)**

Importante a la hora de calcular los demás sustituyentes de frutas y hortalizas sobre materia seca. Todas las frutas y hortalizas contienen agua como componente mayoritario que oscila entre un 60 % y 96 %, (Kirk *et al*, 1996).

#### **2.14.6 Índice de Madurez**

Es un parámetro indirecto determinado a partir de la cuantificación del contenido total de sólidos solubles y la acidez valorable posiblemente ocurre cuando alcanzan la tasa respiratoria máxima y desdoblan rápidamente sus reservas, como respuesta al incremento de su metabolismo y, en consecuencia, el IM se incrementa, (Hernández, 2001). Las características que el fruto debe tener es un alto contenido de azúcares y ácidos (Navez *et al.*, 1999). Se cosechan inmaduras, alrededor de 3/4 de su desarrollo pleno, la fruta debe ser firme, pesada en relación a su tamaño, brillante y sin ningún signo de amarillamiento, y con las semillas aún tiernas (Martínez y Fornaris, 2006).

### **2.15 Parámetros de Calidad Comercial Externa**

#### **2.15.1 Medidas Morfométricas**

Son peso, longitud, espesor de pared, curvatura de fruto y diámetros ecuatoriales y axiales. Todos son parámetros que van a conformar y caracterizar la geometría del fruto u hortaliza en estudio, es decir, masa, forma, calibre y homogeneidad en el tamaño, ya que no existen escalas que especifiquen las características que deben tener los frutos solo que sean homogéneos (Domene y Segura, 2014).

#### **2.15.2 Color**

Domene y Segura (2014) señalaron que los tres aspectos principales para la aceptación de un alimento son el color, sabor y textura, siendo el color la propiedad óptica más importante en los alimentos.

El cambio color es la característica más notoria en muchas frutas durante su maduración, y por ello se utiliza como criterio para definir la madurez de una fruta, (Reid, 2002).

### **2.15.3 Firmeza**

La firmeza de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto, (Öpik y Rolfe, 2005).

### III.MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3. 1 Localización geográfica

El presente experimento se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de policarbonato, localizado en el área de investigación del Departamento de Fito mejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Cuya ubicación geográfica se encuentra a 25°21'22.51" de latitud norte y 101°2'9.88" longitud oeste, con una altitud de 1760 msnm.

#### 3.2 Material Vegetal Utilizado

Se emplearon semillas de berenjena variedad Black Beauty, el fruto de esta variedad es en forma de pera (redonda ovalada) y de la cascara brillante de color morado muy oscuro. Tiene pulpa compacta con pocas semillas y poco amarga (Aguilera y López, 2016), como portainjerto se utilizaron plántulas de tomate híbrido Colosus Rz F1 (61-071), que es un tomate de vigor muy alto y alta producción.

#### 3.3 Siembra

Las semillas de berenjena se sembraron el día 7 de enero de 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla en cada cavidad, 21 días después se sembró la semilla del portainjerto, debido a que poseen un mayor vigor vegetativo comparado con la variedad, con esto se buscó que tanto el tallo de la variedad como el del portainjerto tuvieran un diámetro similar, para el llenado de las charolas en ambos se utilizó una mezcla de peat moss con perlita a una proporción 70:30.

#### 3.4 Realización del Injerto

La actividad de injerto se llevó a cabo el día 22 de febrero de 2019, se utilizó el método de pua (Miles *et al.*, 2013), las plántulas ya injertadas se colocaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades y se conservaron durante 15 días en una cámara de aclimatación, estuvieron en condiciones de obscuridad por un periodo de tres días, cinco con un 50% de sombra y el resto de los días sin sombra, la humedad relativa fue constante del 95% y una temperatura que oscilaba entre 25 y 35% para favorecer el prendimiento del injerto.

### **3.5 Establecimiento del Cultivo**

Una vez que a las plántulas se les formó el callo en la unión, se llevó a cabo el trasplante a los 23 días después de haber realizado el injerto, en bolsas de plástico color negro (40x60) de 15 L. Se usó una mezcla de peat moss y perlita (70/30, v/v) con una humedad uniforme.

### **3.6 Manejo Nutricional**

Se utilizó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) en diferentes concentraciones, inicio de crecimiento vegetativo 25%, crecimiento vegetativo pleno 50%, floración y amarre de frutos 75% y llenado de frutos y cosecha 100% y se manejó un pH de 6-6.5 y una conductividad eléctrica de 2-2.5.

### **3.7 Nanopartículas**

Las nanopartículas utilizadas fueron sintetizadas en la planta piloto del Centro de investigación y Química aplicada (CIQA) adquiriendo nanopartículas de 52 nm determinado por rayos X y recubiertas con ácido palmítico.

### **3.8 Aplicación de Tratamientos**

Se realizaron tres aplicaciones foliares de nanopartículas de óxido de zinc, en dosis de 0, 20, 40 y 60 mg L<sup>-1</sup> en cada etapa del cultivo: inicio, crecimiento vegetativo, floración y fructificación, los tratamientos se establecieron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x4, el factor 1 con dos niveles que fueron plantas injertadas y sin injerto, el factor 2 que contó con tres 4 niveles y correspondieron a plantas tratadas con diferentes dosis de nanopartículas, siendo en total ocho tratamientos con seis repeticiones.



**Cuadro 1.** Tratamientos empleados en el experimento

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
1	Berenjena Injertada + 0.0 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
2	Berenjena Injertada + 20 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
3	Berenjena Injertada + 40 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
4	Berenjena Injertada + 60 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
5	Berenjena sin injerto + 0.0 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
6	Berenjena sin injerto + 20 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
7	Berenjena sin injerto + 40 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
8	Berenjena sin injerto + 60 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO

### **3.9 Manejo del Cultivo**

El manejo del cultivo incluyó tutorado, poda aplicaciones preventivas y de control fitosanitario.

### **3.10 Variables Agronómicas Evaluadas**

#### **3.10.1 Altura de la Planta**

Para esta variable se hizo uso de un flexómetro de la marca TOOLCRAFT modelo TC0234 con capacidad de tres metros, se evaluó la longitud del tallo, se llevó a cabo una vez cada 15 días hasta finalizar el ciclo, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice.

#### **3.11.2 Diámetro del Tallo**

La medición del diámetro de tallo se realizó con un vernier digital LSD de la marca STANLEY (150 mm), cabe mencionar que por efecto de las plantas injertadas y la formación de callo en la base del tallo se determinó que el punto para realizar la lectura fuese por arriba del callo formado por el injerto. La lectura se registró en mm.

#### **3.12.3 Número de Hojas**

Para esta variable se realizaron los conteos cada 15 días.

#### **3.13.4 Número de Frutos**

El número de frutos se realizó en cuanto la planta entro en etapa de fructificación contando los frutos que aparecían en cada una de ellas de manera visual, en esta parte

se tomó en cuenta el amarre de fruto ya que algunos frutos eran abortados, posterior a esto se tomó el dato.

#### **3.14.5 Peso de Frutos**

Para esta variable se consideró el momento justo de cosecha, para ello se tomó en cuenta el desarrollo total, firmeza y el color purpura brillante que se tomó como factor para determinar el momento de cosecha ya que indica que el fruto ha concluido su crecimiento generativo, el fruto con esas características fue cosechado y pesado utilizando una balanza analítica de la marca OHAUS CS con capacidad 5000 g.

#### **3.15.6 Peso Seco de la Parte Aérea**

Los datos de peso seco de la planta se obtuvieron al final del cultivo luego de separar las hojas y el tallo, colocándolos en bolsas de papel marcadas y pesando en una balanza analítica marca OHAUS CS con capacidad 5000 g. Después de su deshidratación en un horno de secado marca Linderberg/blue modelo GO1350C-1 a 80°C por 72 horas se obtuvo la biomasa seca.

#### **3.16.7 Peso Seco de la Raíz**

La raíz se extrajo separando el sustrato de la maceta manualmente y se retiró el exceso de sustrato con agua, por último, se pesó en la balanza marca OHAUS CS con capacidad 5000 g. Para obtener el peso seco se colocaron las bolsas de papel y se colocaron en una estufa de secado marca Linderberg/blue modelo GO1350C1 por 72 horas aproximadamente, con temperatura de 80 °C, por último, se pesaron en la balanza.

#### **3.17.8 Variables de Calidad Comercial**

##### **3.17.9 pH**

Para la determinación del pH se empleó un medidor de bolsillo se realizó en el momento de la cosecha y se tomaron 3 repeticiones de cada fruto, (HI98129, Hanna Instruments Inc.).

##### **3.17.10 Firmeza**

Para la determinación de esta variable requirió del uso de un penetrómetro de la marca QA modelo FT-327, se introdujo la punta del penetrómetro de 11 las lecturas se reportaron en kg.

### **3.17.11 Contenido de Sólidos Solubles Totales**

Para determinar el contenido de sólidos solubles totales se seleccionaron los frutos con un color púrpura uniforme, los cuales fueron cosechados y llevados al laboratorio para obtener una muestra del contenido interno (pulpa) y colocar una gota en el lector del refractómetro digital (HI96801, Hanna Instruments Inc.), para obtener la concentración en % de sólidos solubles.

### **3.17.12 Contenido de Vitamina C**

El contenido de vitamina C se determinó por el método volumétrico (Padayatty *et al.*, 2011), se pesaron 20 gramos de muestra fresca y se colocaron en un mortero, después se le agregaron 10ml de HCl al 2% y se trituró por completo, a la mezcla se le agregó 100 ml de agua destilada. La mezcla fue homogenizada con el mortero y filtrada, en un matraz Erlenmeyer de 250ml, se midió el volumen exacto de la muestra y se tomaron tres alícuotas de 10 ml del filtrado. En una bureta volumétrica de 10ml se colocó reactivo 2,6-diclorofenolindofenol ( $1 \times 10^{-3}$  N) y se titularon las alícuotas hasta la aparición de una coloración rosa constante durante 30 segundos. Los resultados se expresaron en mg/100 g de peso fresco.

### **3.17.13 Acidez Titulable**

La acidez titulable (% de ácido cítrico) se calculó tomando 10 ml de pulpa de cada fruto, a la cual se añadieron 2 gotas de fenolftaleína (1%) y se tituló con NaOH 0.1 N (AOAC, 1990).

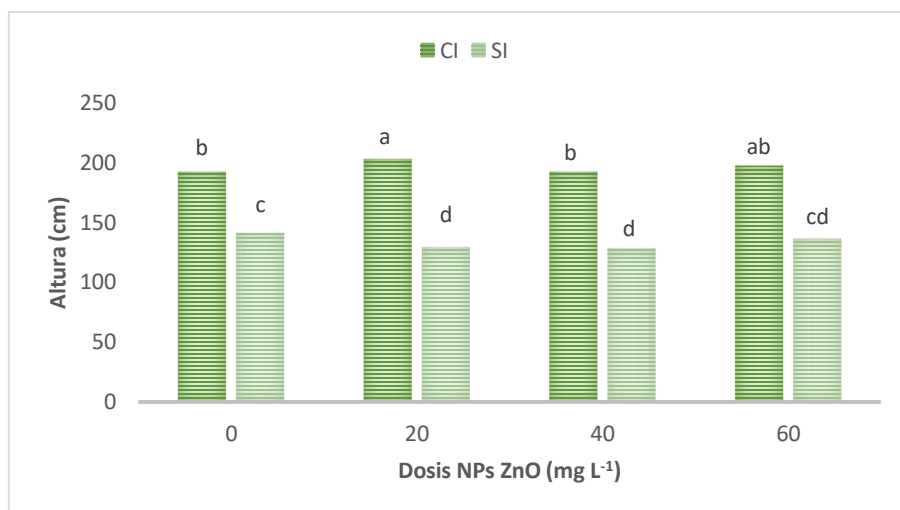
### **Análisis de datos**

Se usó el paquete de software estadístico Infostat versión 2016 para analizar los datos obtenidos. Los resultados de los tratamientos se sometieron a la prueba LSD Fisher ( $p \leq 0.05$ ), para determinar si alguno era estadísticamente diferente.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura

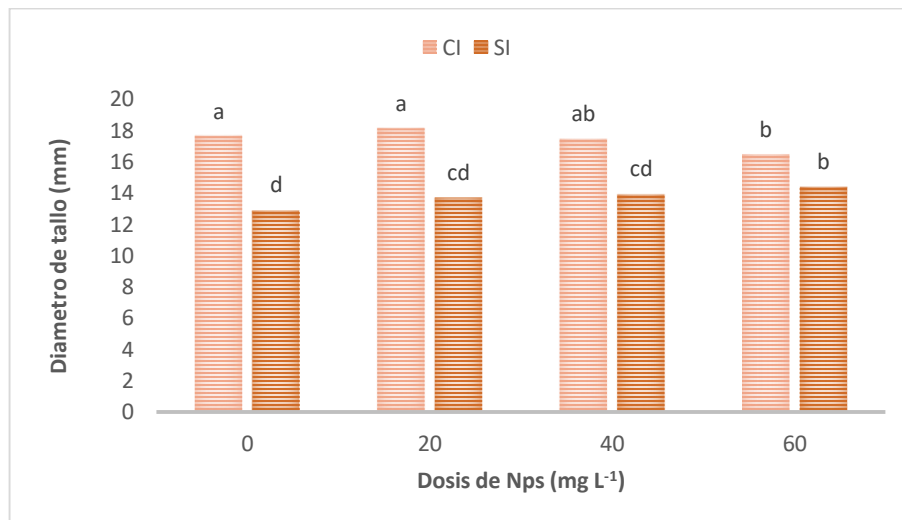
Los resultados mostraron mejores resultados para la media en la interacción del injerto y una dosis de 20 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas de óxido de zinc en la variable altura de la planta, superando al testigo en un 44%, esto coincide por lo reportado con Hernández (2009), quien menciona que el uso del injerto en tomate incremento la altura de plantas, esto debido al vigor del portainjerto (Figura 1). Por su parte el uso de diversas nanopartículas en la agricultura, se ha reportado que ejercen un efecto positivo en el desarrollo de plantas, Raliya y Tarafdar (2015) encontraron que NPs de óxido de titanio aplicado foliarmente en dosis de 10 mg L<sup>-1</sup> a plantas de *Vigna radiata* puede servir como un fertilizante más amigable con el ambiente, debido a que su aplicación reveló un incremento significativo en la longitud del tallo (17.02%), al igual que los resultados obtenidos por la aplicación 10 ppm de NpsZnO a plántulas de garbanzo (*Cicer arietinum*), ya que originaron mayor altura y biomasa seca esto debido a que la aplicación de zinc en forma de nano promueve el crecimiento de las plantas. Lo que sugiere que esa inducción del crecimiento se debe a que el zinc tiene una función muy importante como cofactor de enzimas involucradas en el proceso fotosintético, así como en la integridad y mantenimiento de las membranas celulares de las plantas (Burman *et al.*, 2013).



**Figura 1.** Altura de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

#### 4.2 Diámetro de Tallo

Para la variable diámetro del tallo se observaron diferencias significativas, mostrándose un aumento en los tratamientos con plantas injertadas (figura 2), resultados similares a lo reportado por Al-Harbi *et al.* (2017) quienes mencionan que el uso del injerto en tomate incremento el diámetro del tallo, siendo las plantas injertadas las más vigorosas, por el contrario, las nanopartículas no tuvieron un efecto significativo para esta variable.

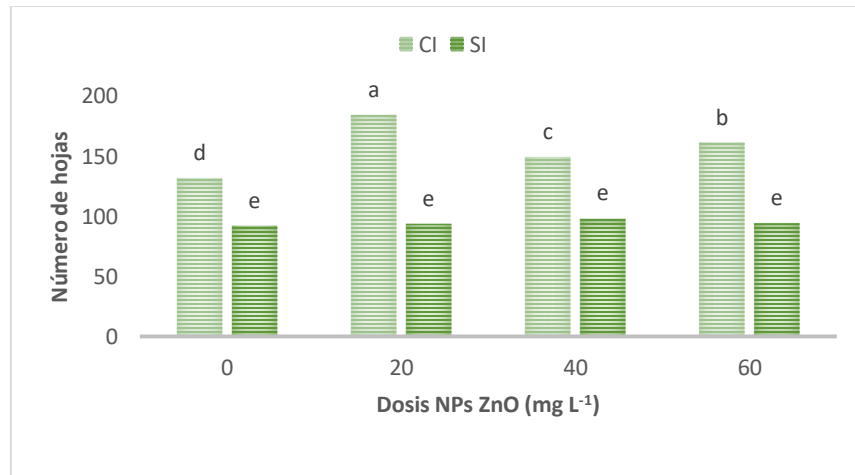


**Figura 2.** Diámetro de tallo de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

#### 4.3 Número de Hojas

En la interacción de los factores para esta variable se muestra diferencias significativas entre tratamientos, encontrándose un incremento del 100% en el tratamiento de plantas injertadas con una dosis de 20 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas de óxido de zinc, resultados similares a lo reportado por Bernal y colaboradores (2016), quienes mencionan que el

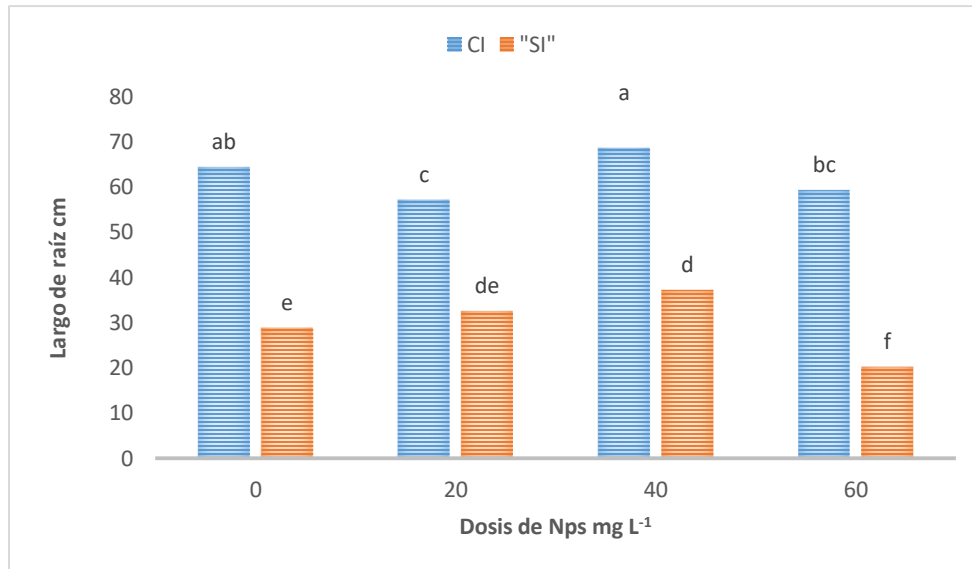
número de hojas aumento en plantas de frijol injertadas, el tamaño de la hoja aumenta con el uso del portainjerto, por el vigor que le confiere a la planta, por lo tanto, se incrementa el área foliar (Na *et al.*, 2012; Barrett and Zhao, 2012). En cuanto a las nanopartículas a dosis bajas se mencionan que pueden estimular el crecimiento en plantas (Méndez-Argüello, 2016).



**Figura 3.** Número de hojas de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

#### 4.4 Largo de Raíz

Para esta variable se muestran diferencias significativas con el uso del injerto; encontrándose un incremento del 6% en el tratamiento del injerto más una dosis de 40 mg L<sup>-1</sup> en relación con el testigo injertado. Martínez *et al.* (2010) menciona que la morfología del sistema radicular se modifica durante la unión de injerto, al poseer una variedad altamente productiva y resistente a una gran cantidad de problemas bióticos y abióticos en el suelo, el mejoramiento de la raíz permite una mayor absorción de los nutrientes en el suelo (Savvas *et al.*, 2010). Por otro lado, el efecto de las nanopartículas sobre esta variable es consistente con otros estudios en los que mencionan que el efecto de las nanopartículas de óxido de titanio con aplicaciones foliares de 10 mg L<sup>-1</sup> aumento la longitud de la raíz en plantas de vida radiata, de igual manera las nanopartículas de óxido de zinc se encontró un incremento significativo en el área radicular de sorgo (Tarafdar *et al.*, 2014).

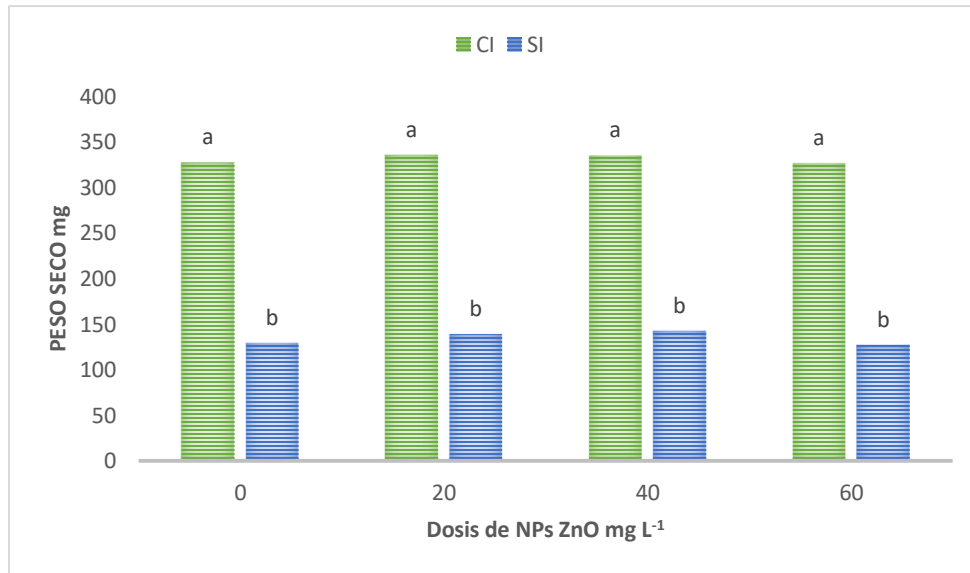


**Figura 4.** Largo de la raíz de las plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

#### 4.5 Peso seco de la parte aérea

En la interacción de los factores para esta variable se encontró una diferencia significativa para los tratamientos con plantas injertadas, encontrándose valores superiores en la biomasa seca, de igual manera.

En cuanto a las dosis de nanopartículas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, estudios con nanopartículas de óxido de zinc aplicadas de forma foliar demuestran que ha incrementado la biomasa seca en plantas de tomate en una dosis de 20 mg L<sup>-1</sup> mencionan que dicho efectos se deben a que el zinc es un microelemento de gran importancia para la planta debido que desempeña funciones como cofactor de enzimas como la Anhidrasa carbónica involucradas en la fotosíntesis (Burman *et al.*, 2013).

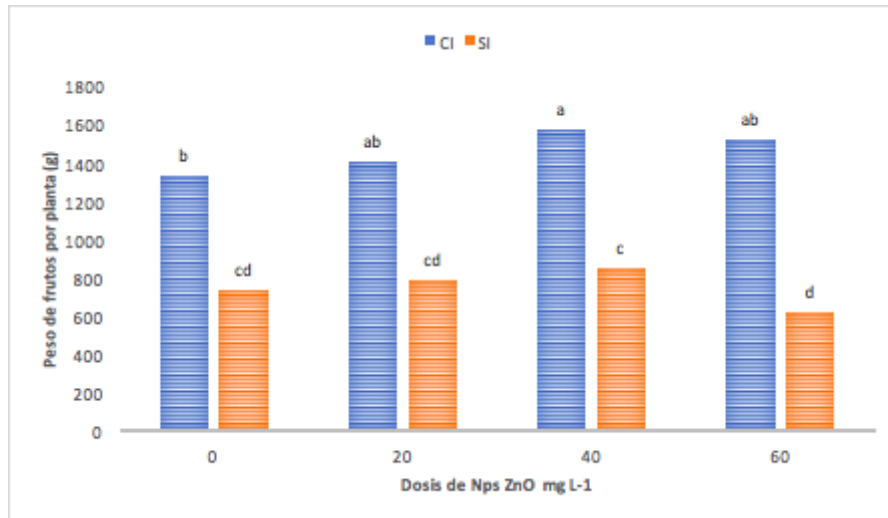


**Figura 5.** Peso seco de la parte aérea de plantas de berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

#### 4.6 Peso de frutos

En la interacción de los factores se observaron diferencias estadísticas significativas en el peso de los frutos por planta obteniendo el doble del rendimiento en plantas de berenjena injertadas y tratadas con una dosis de 40 mg L<sup>-1</sup>, lo que confirma que con el uso del injerto en solanáceas se puede incrementar en rendimiento (Velasco-Alvarado *et al.*, 2016), esto debido que las plantas injertadas tienen un sistema radicular potente lo que hace que sea más fácil que puedan absorber el agua y nutrientes del suelo. Por otra parte, el efecto de las nanopartículas en esta variable fue positivo en una dosis de 40 mgL<sup>-1</sup>, consistente con diversos estudios que han mencionado el efecto de diferentes nanopartículas en el rendimiento de diferentes cultivos como es el caso de nanopartículas de Cu en tomate (Hernández-Hernández *et al.*, 2018). Específicamente las nanopartículas de óxido de zinc se menciona que pueden incrementar el rendimiento en cultivos. Ruttkay-Nedecky *et al.*, 2017).





**Figura 6.** Peso de frutos por planta en berenjena con y sin injerto bajo tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc.

## **CALIDAD COMERCIAL**

No se presentó un comportamiento uniforme en los datos de firmeza ya que estadísticamente son iguales (Cuadro 2), lo que coincide con lo reportado por Khah *et al.* (2006), al no encontrar diferencia significativa en firmeza entre frutos de plantas injertadas y no injertadas. El efecto del portainjerto en la firmeza, depende de la combinación de los materiales vegetales (Flores *et al.*, 2010), en la combinación de este trabajo el efecto fue mínimo. Por otro lado, el comportamiento con las nanopartículas para la variable firmeza no se presentó diferencia significativa por los análisis estadísticos que nos dice que son similares, al igual que lo reportado por Costantini *et al.* (2018) que evaluó nanopartículas de Quitosano en Fresa, fue estadísticamente igual entre todos los tratamientos y los días de almacenamiento. Sin embargo, Corrales (2014) evaluó el comportamiento de nanopartículas de óxido de zinc a temperatura controlada en tomate presenta una mayor firmeza que a condiciones de temperatura ambiente.

De igual manera en el Cuadro 2, podemos observar que para la variable contenido de sólidos solubles totales no hay diferencia significativa estadísticamente, el uso de portainjertos puede tener efectos positivos como negativos en la acumulación de SST. Resultados que coinciden con Khah *et al.* (2006), Rouphael *et al.* (2008) y Turkmen *et al.* (2010) que no reportaron diferencia estadística entre plantas injertadas y no injertadas. En contraste, Pogonyi *et al.*, (2005) y Turhan *et al.*, (2011) reportaron incremento de los SST en plantas no injertadas, respecto de plantas injertadas. Por otro lado, el comportamiento con las nanopartículas no se presentó un comportamiento distinto presentándose resultados estadísticamente similares. Además, en resultados obtenidos por Aguilar (2009), que menciona que el uso de nanopartículas de plata provoca un retraso en la maduración del fruto de la papaya, sin embargo, estadísticamente no existe diferencia entre los tratamientos.

En la variable pH no hay diferencia significativa (Cuadro 2), estadísticamente son similares, lo que indica que es un parámetro poco afectado por la técnica de injerto, similar a lo mencionado por Velasco (2013) sobre anatomía y manejo de plantas injertadas en jitomate al no presentarse diferencia significativa para la variable pH. También, Gebologlu *et al.* (2011) no reportaron diferencia significativa entre plantas injertadas y no injertadas. El comportamiento de las nanopartículas para la variable pH

no hay diferencia estadística, lo cual es consistente con los resultados obtenidos por García (2014), quien investigo el efecto de una película plástica modificada en tomate y no presentó diferencias en el pH de los frutos, esta variable se mantuvo entre 4.53 y 4.68.

Para la variable acidez titulable no hay diferencia estadísticamente son similares (Cuadro 2). En contraste, Turhan *et al.* (2011) reportó mayor acidez titulable en plantas injertadas comparado con no injertadas, similar a lo reportado por Velasco (2013), plantas injertadas dirigidas a dos tallos obtuvieron significativamente mayor acidez titulable, con este manejo de conducción a dos tallos, las plantas injertadas pueden superar a plantas sin injertar dirigidas a un tallo. Con las nanopartículas al igual no se presenta diferencia significativa, un estudio realizado por Rivera (2017), menciona que con el uso de nanopartículas de cobre y su efecto en el contenido de antioxidantes en tomate no mostro diferencia significativa en la variable acidez titulable.

En el cuadro 2 podemos observar que para la variable contenido de vitamina C, si se presenta una diferencia significativa, lo que demuestra que el contenido de vitamina C si se vio afectado por el factor injerto al ser estadísticamente diferente, lo que concuerda con el contenido en vitamina C reportado por Vrcek *et al.* (2011), que además apreciaron mayores cantidades en los frutos de plantas injertadas. Por otro lado, el comportamiento con el factor de las nanopartículas al igual presenta diferencia estadística significativa, según Moreno (2017) señala que la diferencia que se encontró es numérica para esta variable, además, que el T3 con nanopartículas de óxido de cobre como estimulante en plantas de tomate, fue el que presentó un mayor contenido de vitamina C, mientras que en el caso del tratamiento T1 se obtuvo el menor contenido de Vitamina C en comparación con el resto de los tratamientos. También, Smirnoff *et al.* (2000) encontró que al aplicar NPs de ZnO el contenido de vitamina C es reducido hasta un 30%, en comparación con el resto de los tratamientos evaluados en su investigación.

**Cuadro 2.** Efecto del injerto y la aplicación de Nps ZnO sobre variables de calidad de fruto de berenjena.

Factor	Tratamientos	p.H	SST	FIR	VIT C	AC
injerto	CI	5.37 A	3.87 A	6.93 A	3.48 A	0.44 A

	SI	5.4 A	4.05 A	7.28 A	2.39 B	0.47 B
Dosis de Nps ZnO	0	5.37 B	4.09 A	7.73 A	3.25 A	0.5 A
	20	5.35 B	3.84 A	6.54 B	2.80 A	0.42 B
	40	5.35 B	4.1 A	7.34 AB	2.86 A	0.47 AB
	60	5.47 B	3.80 A	6.81 AB	2.83 A	0.44 B
	CI-0	5.36 b	4.08 ab	6.65 bcd	3.32 a	0.43 bcd
Interacciones	CI-20	5.34 b	3.43 b	6.24 cd	3.68 a	0.4 cd
	CI-40	5.35 b	4 ab	7.11 bcd	3.56 a	0.46 bcd
	CI-60	5.42 ab	3.98 ab	7.73 ab	3.35 a	0.50 ab
	SI-0	5.38 b	4.10 ab	8.80 a	2.82 ab	0.57 a
	SI-20	5.35 b	4.26 a	6.85 bcd	2.27 b	0.44 bcd
	SI-40	5.35 b	4.20 ab	7.57 abc	2.16 b	0.48 abc
	SI-60	5.52 a	3.63 ab	5.89 d	2.31 b	0.38 d
	C.V (%)	1.41	12.44	12.83	22.95	12.6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), prueba LSD Fisher. CI= con injerto, SI= sin injerto, SST= sólidos solubles totales (°Brix), FIR = Firmeza ( $\text{kg cm}^{-2}$ ) VIT C=vitamina C ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ), AC= acidez Titulable (%).

## V. CONCLUSIÓN

Se concluye que la interacción del injerto con la aplicación de NPs ZnO influyó de manera significativa, sobre la altura de la berenjena, con una dosis de  $20 \text{ mg/L}^{-1}$  con un incremento del 44% sobre su testigo, en variable diámetro de tallo se muestran diferencias significativas en el factor injerto mostrándo un aumento de diámetro en las plantas injertadas; por otra parte la variable número de hojas las plantas injertadas con una dosis de  $20 \text{ mg/L}^{-1}$  de nanopartículas de óxido de zinc fue el que obtuvo un incremento de 100% sobre su testigo, por lo tanto también se ve reflejado un incremento significativo en el peso seco de la parte aérea, la variable largo de raíz se muestra diferencias significativas entre los tratamientos con un incremento del 6% de las plantas injertadas con una dosis de  $40 \text{ mg L}^{-1}$  en relación con el testigo injertado. En el peso de frutos mostró diferencias estadísticas significativas obteniendo el doble de producción en plantas de berenjena injertadas y tratadas con una dosis de  $40 \text{ mg L}^{-1}$ , en cuanto a la calidad comercial solo la variable Vitamina C fue la que mostró diferencias estadísticamente diferentes.

## VI. LITERATURA CITADA

**Abdelmageed AHA, Gruda N. 2009.** Influence of grafting on growth development and some physiological parameters of tomatoes under controlled heat stress conditions. *European Journal of Horticultural Science* 74, 16–20.

**Aguilera, R.W.H., y López, B.F. (2016).** Evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de berenjena *Solanum melongena* L. con tres distanciamientos de siembra (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

**Al-Harbi, A., Hejazi, A., & Al-Omran, A. (2017).** Responses of grafted tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to abiotic stresses in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(6), 1274–1280.

**Aslani, F., Bagheri, S., Julkapli, N. M., Juraimi, A. S., Hashemi, F. S. G., & Baghdadi, A. (2014).** Effects of engineered nanomaterials on plants growth: an overview. *The Scientific World Journal*, 2014, 28.

**Barrett C E, X Zhao (2012)** Grafting for root-knot nematode control and yield improvement in organic heirloom tomato production. *HortScience* 47(5): 614-620.

**Bernal-Alzate, J., Grimaldo-Juarez, O., Gonzalez-Mendoza, D., Cervantes-Díaz, L., Rueda-Puente, E. O., & Ceceña-Durán, C. (2016).** El injerto como alternativa para mejorar el rendimiento en la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). *Idesia (Arica)*, 34(2), 43-46

**Bhattacharyya, A., Bhaumik, A., Usha, R. P., Mandal, S., Eptid, T. (2010).** Nanoparticles: a recent approach to insect pest control. *Afr J Biotechnol* 9(24):3489–3493.

**Burman, U., Saini, M. y Kumar, P. (2013).** Effect of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant system of chickpea seedlings. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 95: 605-612

**Capaldi, A. S. C., Diniz, S. A. L., Moretto, G. R., Antunes, A. R., & Zezzi, A. M. A. (2015).** Nanoparticles applied to plant science: A review. *Talanta*, 131, 693–705.

**Corrales, F. J. (2014).** Nanopartículas de cobre y de óxido de zinc como antifúngicos contra *Botrytis cinerea* in vitro e in vivo en frutos de tomate durante poscosecha. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.

**Costantini, R., Ventura-Aguilar, R. I., Hernández-López, M., Bautista-Baños, S., & Barrera-Necha, L. L. (2018).** Potencial antifúngico de nanopartículas de quitosano y extracto de Arándano sobre *Colletotrichum fragariae* en fresa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1).

**Das, S., Sen, B., & Debnath, N. (2015).** Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 18333–18344.

**Dimkpa, C. O.; McLean, J. E.; David, W.; Britt, D. W.; Anderson, A. J. 2015.** Nano CuO and interaction with nano-ZnO or soil bacterium provide evidence for the interference of nanoparticles in metal nutrition of plants. *Ecotoxicology*. 24: 119-129.

**Domene, M. A., & Segura, M. (2014).** Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *Negocios Agroalimentario Cooper Cajamar Fichas Transf*, 5, 1-18.

**European Food Safety Authority. (2010)** Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Composición nutricional de la berenjena.

**Fang, T.; Watson, J. L.; Goodman, J.; Dimkpa, C. O.; Martineau, N.; McLean, S. J.; Britt, D. W.; Anderson, A. J. 2013.** Does doping with aluminum alter the effects of ZnO nanoparticles on the metabolism of soil pseudomonads? *Microbiological Research*. 168: 91-98.

**FAO. 2015.** Base de datos estadísticos. <http://faostat.fao.org>

**FAO. 2017.** Producción mundial de Berenjena *Solanum melongena* <http://www.hortoinfo.es/index.php/5200-prod-mund-ber-270117>

**Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G. & Bartolucci, C. (2016).** Nanotechnology in Agriculture: Which Innovation Potential Does It Have? *Frontiers in Environmental Science*, 4.

**Galiotta, G. Harte, F. Molinari, D. Capdevielle, R. Diano, W. (2005).** Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 6: 117- 123.

**García-Enciso, E. L., La Rosa-Ibarra, D., Mendoza-Villarreal, R., Quezada-Martin, M. R., & Arellano-García, M. (2014).** Efecto de una película plástica modificada en algunos aspectos bioquímicos de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 151-162.

**Gaytán-Mascorro, A., Chew-Madinaveitia, Y. I., Reta-Sánchez, D. G., Espinoza-Arellano, J. D. J., & Juárez, I. R. (2013).** Uso de injertos en hortalizas. *Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia–Universidad de Juárez del Estado de Durango*:(37-52).

**Gebologlu N, E Yilmaz, P Cakmak, M Aydin, Y Kasap (2011)** Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Scientific Research and Essays* 6(10): 2147-2153

**Ghormade, V.; Deshpande, M. V., Paknikar, K. M. (2011).** Perspectives for Nanobiotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol. Adv.*, 29: 792–803.

**Godoy Hernández, H., Castellanos Ramos, J. Z., Alcántar González, G., Sandoval Villa, M., & Muñoz Ramos, J. D. J. (2009).** Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, 27(1), 01-09.

**González, F.M., Hernández, A., Casanova, A., Depestre, T., Gómez, L. y Rodríguez, M. G. (2008).** El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo, *Rev. Protección Veg.* Vol. 23 No. 2: 69-74

**GONZÁLEZ, J.M., F. RADILLO, F. DE J. MARTÍNEZ y M. BAZÁN. 2003.** Evaluación de diferentes portainjertos en el desarrollo vegetativo del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Tri-x 313. *Memorias del X Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas.* México. p. 43.

**Hanson, P.M., Yang, R.Y., Tsou, S.C.S., Ledesma, D., Engle, L. y Lee, T.C. (2006).** Diversity in eggplant (*Solanum melongena*) for superoxide scavenging activity, total phenolics and ascorbic acid. *J. Food Comp. Anal.* 19:549-600.

**He, L., Liu, Y., Mustapha, A., & Lin, M. (2011).** Antifungal activity of zinc oxide nanoparticles against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. *Microbiological Research*, 166(3), 207–215.

**Hernández-Hernández, H., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortiz, H., Cadenas-Pliego, G., & Juárez-Maldonado, A. (2018).** Effects of chitosan–PVA and Cu nanoparticles on the growth and antioxidant capacity of tomato under saline stress. *Molecules*, 23(1), 178.

**Hernández, M.S. (2001).** Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

**Hoyos P. (2007).** Situación del injerto en horticultura en España: especies, zonas de producción de plantas, portainjertos. *Horticultura* 199, 12-15.

**INFORURAL.** 13/02/19. Con información del SIAP-SADER.

**Kays, S. 2004.** *Postharvest biology.* Exon Press, Athens, Georgia. 568 p.

**Khah, E. M., Kakava, A., Mavromatis, D., Chachalis, and Goulas, G. (2006).** Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *J. of App. Hort.* 8(1):3-7.



**Kubota C, McClure MA, Kokalis-Burelle N, Bausher MG, Roskopf RN. (2008).** Vegetable grafting: history, use and current technology status in North America. *HortScience* 43, 1664- 1669.

**Kyung-Seok, K. S.; Kong, I. C. 2014.** Toxic effects of nanoparticles on bioluminescence activity, seed germination, and gene mutation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 98: 3295-3303.

**Lee JM, Kubota C, Tsao SJ, Hoyos P, Morra L, Oda M. (2010).** Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127, 93-105.

**Lee JM, Oda M. (2003).** Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28, 61–124

**Leonardi C, Giuffrida F. (2006).** Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. *European Journal of Horticultural Science* 71, 97–101.

**Lindgren, D. y S. Browning. (2008).** Eggplant. G1905Neb Guide. University of Nebraska. Lincoln Station, Institute of Agriculture and Natural Resources.

**Liu, C., Zou, B., Rondinone, A. R. and Zhang, Z.J. (2000).** Chemical Control of Superparamagnetic Properties of Magnesium and Cobalt Spinel Ferrite Nanoparticles through Atomic Level Magnetic Couplings, *J. Am. Chem. Soc.*, 122: 6263-6267.

**Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., and Kolmakov, A. (2010).** Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. *Sci. Total Environ.* 408:3053–3061. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.03.031.

**Marsic NK, Osvald J. (2004).** The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agriculturae Slovenica* 83(2), 243–249.

**Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., & Carvajal, M. (2010).** Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 112-118.

**Martínez, S. L., & Fornaris, G. (2006).** Conjunto tecnológico para la producción de berenjena. *Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez. Colegio deficiencias agrícolas. Estación experimental agrícola. Río Piedras, Puerto Rico*, 9.

**Méndez-Argüello, B., Vera-Reyes, I., Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L. A., Puente-Urbina, B. A., & Lira-Saldívar, R. H. (2016).** Promoción del crecimiento en plantas de *Capsicum annum* por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova scientia*, 8(17), 140-156.

**Miguel A, Torre F, Baixauli C, Maroto JV, Jordá C, López M, García-Jiménez J. (2007).** Injerto de Hortalizas. Ediciones Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

**Miguel, A. (2009).** Injertos, alternativa a los desinfectantes, Evolución del Injerto de hortalizas en España. *Horticultura Internacional*. Num 72. Noviembre de 2009. pp 10-17.

**Miles, C., Schaffer, S., & Estrada, E. (2013).** Injerto de Verduras, berenjenas y tomates. In (Washington State University ed.): Extensión Cooperativa de la Universidad Estatal de Washington y el Departamento de Agricultura de los EE.UU.

**Moreno MM, Moreno MC, García AM, Villena J, Mancebo I, Meco R. 2011.** Influencia de la Técnica del Injerto en Variedades Locales de Tomate con Manejo Ecológico. Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Pintor Matías Moreno 4, 45071

**Muy-Rangel, D., Siller-Cepeda, J., García-Estrada, R., & Báez-Sañudo, M. (2002).** Caracterización poscosecha de berenjenas producidas en Sinaloa, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 8(2), 171-181.

**Na L, B Z Li, H Jing, L Bo, Z W Min (2012)** Biological characteristics of grafted eggplant on tomato rootstocks. *Afr. J. Agric. Res.*, 7(18): 2791-2799.

**Naderi, M. R.; Shahraki, D. A. 2013.** Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Sci. 5:2229-2232.

**Nanos, G.D. y A.A. Kader. (1993).** Low O<sub>2</sub>-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. *Postharvest Biol. Technol.* 3, 285-291.

**Navez, B.; Letard, M.; Graselly, D.; Jost, J. (1999).** Les criteres de qualite del tomate. *Infos-Ctifl*, 155:41-47.

**Nel, A., Xia, T., Madler, L., Li, N. (2006).** Toxic potential of materials at the Nano level. *Science*. 311:622–627.

**Niemeyer, C., Doz. P. (2001).** Nanoparticles, proteins, and nucleic acids: biotechnology meets materials science. *Angewandte Chemie Int Ed*; 40:4128–58.

**Núñez-Ramírez, F.; Grijalva-Contreras, R. L.; Robles-Contreras, F.; Macías-Duarte, R.; Escobosa-García, M. I.; Santillano Cázares, J. 2017.** Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(2): 93-103.*

**Oda M, M Islam, H Ikeda, H Furukawa (2003)** Initiation and development of flower Trusses affected by acclimatizing temperature in grafted tomato plugs. *Environ. Control in Biol.* 41(2): 133-139.

**Öpik, H. y S. Rolfe. (2005).** The physiology of flowering plants. 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge. 392 p.

**Oskam G. (2006).** Metal oxide nanoparticles: synthesis, characterization and application. *J Sol-Gel Sci Technol*; 37:161–4.

**Pandey, A. C.; Sanjay, S. S.; Yadav, R. S. 2010.** Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of Experimental Nanoscience*. 5: 488-97.

**Pogonyi A, Z Pék, L Helyes, A Lugasi (2005)** Effect of grafting on the tomato's yield, quality and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria* 34(4): 453-462.

**Prasad, R., Kumar, V. and Kumar, P. K. (2014).** Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects, *Afr. J. Biotechnology*. 13(6): 705-713.

**Prasad, T. N.; Sudhakar, P.; Sreenivasulu, Y.; Latha, P.; Munaswamy, V.; Reddy, K. R.; Pradeep, T. 2012.** Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*. 35: 905-927.

**Raigón, M.D., Prohens, J., Muñoz-Falcón, J.E. y Nuez, F. (2008).** Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *J. Food Comp. Anal.* 21:370-376. }

**Raliya, R., Biswas, P., & Tarafdar, J. (2015).** TiO<sub>2</sub> nanoparticle biosynthesis and its physiological effect on mung bean (*Vigna radiata* L.). *Biotechnology Reports*, 5, 22-26

**Raliya, R., Biswas, P., Franke, C., Chavalmane, S., Nair, R., & Reed, N. (2016).** Quantitative understanding of nanoparticle uptake in watermelon plants. *Frontiers in Plant Sciences*, 7(1288), 1–10.

**Raskar, S. V.; Laware, S. L. 2014.** Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. *International Journal Current Microbiology Applied Science*. 3: 467-473.

**Reid, M.S. (2002).** Maturation and maturity indices. pp. 55-62. En: Kader, A.A. (ed.) *Postharvest technology of horticultural crops*. 3th edition. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, California. 535 p.

**Rouphael Y, M Cardarelli, G Colla (2008)** Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience* 43(3): 730-736.

**Ruiz JM, Romero L. (1999).** Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. *Scientia Horticulturae* 81, 113–123.

**Ruttkay-Nedecky, B., Krystofova, O., Nejdl, L., & Adam, V. (2017).** Nanoparticles based on essential metals and their phytotoxicity. *Journal of Nanobiotechnology*, 15(1), 33.

**Sabir, S.; Arshad, M.; Chaudhari, S. K. 2014.** Zinc oxide nanoparticles for revolutionizing agriculture: Synthesis and applications. *The Scientific World Journal*. 1: 1-8.

**SACSA 2016.** Ventajas y Desventajas del Injerto, link: <http://www.gruposacsa.com.mx/ventajas-y-desventaja-de-los-injertos/>

Sadik, OA, Du, N., Kariuki, V., Okello, V. y Bushlyar, V. (2014). Tecnologías actuales y emergentes para la caracterización de nanomateriales. *ACS Sustain. Chem Ing.* 2, 1707-1716. doi: 10.1021 / sc500175v

**Savvas D. , Colla G. , Roupael Y. , Schwarz D. (2010)** Improvement of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127 (2), págs. 156-161.

**Scott, N., Chen, H. (2003).** Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Education and Extension Service. USDA. National Planing Workshop, Washington.

**Sekhon, B. S. (2014).** Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanotechnol. Sci. Appl.* 7, 31–53. DOI: 10.2147/NSA. S39406.

**Shalaby, T. A., Bayoumi, Y., Abdalla, N., & Taha, H. (2016).** Nanoparticles, soils, plants and sustainable agriculture. In *Nanoscience in Food and Agriculture I* (Vol. 20).

**SIAP 2019,** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen nacional de la producción de berenjena en México.

**Siddiqi, K. S., & Husen, A. (2017).** Plant response to engineered metal oxide nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 12(1), 92.

**Singh, A.P., Luthria, D., Wilson, T., Vorsa, N., Singh, V., Banuelos, G.S., y Pasakdee, S. (2009).** Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp. *Food Chem.* 114:955-961.

**Smirnoff, N. y Wheeler, G. L. (2000).** Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology.* 35:(4) 291-314.

**Steiner, A. A. (1961).** A universal method for a certain desired composition. *Plant and soil*, 15 (2), 134-154.

**Tarafdar, J. C., Raliya, R., Mahawar, H., & Rathore, I. (2014).** Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). *Agricultural Research*, 3(3), 257-262.}

**The Royal Society (2009).** Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture, London: The Royal Society.

**Turham A, N Ozmen, M S Serbeci, V Seniz (2011)** Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Hort. Sci.* 38(84): 142–149.

**Turkmen O, M Seymen, A Dursun (2010)** Effects of Different Rootstocks and Cultivars on Yield and Some Yield Components of Grafted Tomato. Bulletin UASVM Horticulture 67(1): 284-291.

**Velasco-Alvarado, M. D. J. (2013).** *Anatomía y manejo agronómico de plantas injertadas en jitomate (Solanum lycopersicum L.)* (Doctoral dissertation, Tesis realizada en: Universidad Autonoma Chapingo. Departamento de fitotecnia).

**Velasco-Alvarado, M. D. J., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A. M., Avitia-García, E., Sahagún-Castellanos, J., & Lobato-Ortiz, R. (2016).** Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) injertado. *Interciencia*, 41(10), 703-708.

**Venema JH, Dijk BE, Bax JM. (2008).** Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimaltemperature tolerance. *Environ. Exp. Bot.* 63, 359–367.

**Vrcek IV, Samobor V, Bojic M, Medic-Saric M, Vukobratovic M, Erhatic RD, Horvat D, Matotan Z. 2011.** Effect of grafting on antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Span J. Agric Res* 9(3), 844-851

**Zhang, D.; Hua, T.; Xiao, F.; Chen, C.; Gersberg, M. R.; Liu, Y.; Stuckey, D.; Ng, J. W.; Tan, K. S. 2015.** Phytotoxicity and bioaccumulation of ZnO nanoparticles in *Schoenoplectus tabernaemontani*. *Chemosphere.* 20: 211-219.