

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Índice y Densidad Estomática de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
Mediante la Aplicación de Quitosán y Complejos de PAA-Quitosán

Por:

**ROMMEL RODRÍGUEZ MENDOZA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Índice y Densidad Estomática de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
Mediante la Aplicación de Quitosán y Complejos de PAA-Quitosán


Por:


**ROMMEL RODRÍGUEZ MENDOZA**

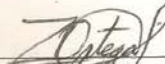
TESIS

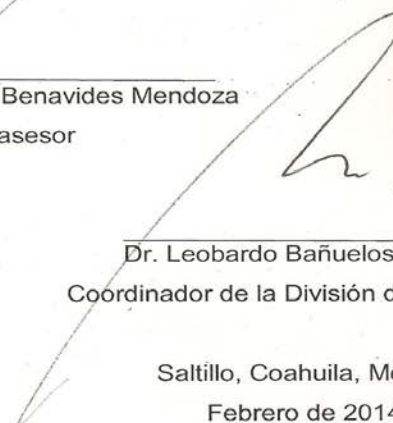
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

  
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Asesor Principal

  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Coasesor

  
Dra. Hortensia Ortega Ortiz  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.  
Febrero de 2014.

## DEDICATORIA

**A Dios:** Por haberme brindado la oportunidad de existir y regalarme la vida que es tan linda y hermosa, por todo lo que me dio y por todo lo que logre gracias a su ayuda y la fe que tengo en Él y por ser el sol que siempre ilumino mi camino y porque el siempre me ha apoyado en las buenas y en las malas.

**A mis Padres:** Rommel Rodríguez Córdova y Nayivi Mendoza Calbo, Por darme la oportunidad y la confianza de estudiar, por sus sabios consejos, por su gran apoyo cuando más lo necesito, gracias por darme la mejor herencia que podía tener cualquier de sus hijos y me permitieron a mí ser quien hiciera sus sueños realidad, gracias queridos padres, toda la vida estarán en mi mente y en mi corazón porque me han enseñado muchísimo, los amo.

**A mi Hermanita:** Andrea Isabel Rodríguez Mendoza quien me brindo su apoyo en todo momento y que nunca me dejo solo, a ella que darían su vida para verme feliz y yo la mía por ella, gracias hermanita por todo lo que hiciste por mi, eso es algo que nunca podre pagarte, pero que siempre estaré agradecido, te dedico cada esfuerzo, cada sacrificio mío, por que te lo mereces eso y mucho más.

**A Mis Abuelitos:** Cristóbal Rodríguez, Miguel Mendoza, Isabel Córdova, Inocenta Calvo, por ser un ejemplo a seguir en mi vida y por haberme dado esos consejos con el corazón. Se los agradezco mucho.

**A Mis Tíos:** Rodolfo, Aurora, Luis Miguel, Ruth, Pascual, Amelia, Rusbel, Rosario, Carmita, y José ángel, por haberme brindado apoyo en mi carrera.

A mis primos: Rodolfo, Mari, Anahi, Paquito, Cristo, Sergio, Yenifer, Miguelito, Por su apoyo incondicional, todo su cariño brindado y sus buenos consejos, por estar cerca de mí en los momentos más difíciles y porque forman parte importante en cada logro obtenido durante mi carrera profesional.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**: por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura.

Al **Departamento de Horticultura**: por ser uno de los mejores de la universidad y porque me brindo los conocimientos necesarios para ejercer mi carrera profesional.

Al **Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente**: a mi maestro y asesor, por brindarme su paciencia y amistad en todo momento desde el primer día en que se inicio este trabajo hasta la conclusión del mismo, por brindarme su apoyo incondicional, conocimientos, puntos de vista y sugerencias para el buen desarrollo de esta investigación. Siempre lo recordare y estaré gratamente agradecido con usted.

A mis co-asesores: **Dra. Hortensia Ortega Ortiz, Dr. Adalberto Benavides Mendoza e Ing. Gerardo Rodríguez Galindo** por su colaboración en la terminación de esta investigación ya que sin su apoyo no se hubiera podido cumplir con el objetivo, y sus grandes consejos que a pesar del poco tiempo que tuvimos de convivir fue muy valioso para mí el compartir con seres como ustedes, por todo gracias.

A Mis Amigos: Monse, Migue, Fran, Jonatan, Augusto, Isabel, Carlos, Eray, Víctor, Alonso, Wilber, Alexander, Toño, Ronay, Rudi Alberto, Elmer, Adith y todos mis compañeros de generación por brindarme su amistad durante este tiempo.

## RESUMEN

El trabajo se realizó en el ciclo mayo-agosto del 2012 en el invernadero # 2 del Departamento de Fitomejoramiento, el objetivo del presente trabajo fue observar los efectos del quitosán y de los complejos de PAA-quitosán (CPEN) en la productividad e índice y densidad estomática en tomate bola. Bajo invernadero tratado con quitosán mediante métodos de aplicación directamente al sustrato. Se evaluaron 5 tratamientos con 8 repeticiones por tratamiento, en un diseño completamente al azar, se utilizaron dos quitosanos de diferente peso molecular viscosimétrico (Mv): CS1 (Mv=8,000) y CS2 (Mv=200,000) y dos complejos de poliácido acrílico-quitosán (CPEN1) y CPEN2 aplicados vía sustrato. Los tratamientos fueron aplicados vía sustrato. Se aplicaron 20 mL de las soluciones de quitosán y de los complejos de PAA-Quitosán cada 15 días en plantas de tomate bola variedad DRD de forma manual directamente al sustrato, además de un tratamiento testigo (aplicando únicamente agua). Las variables medidas fueron: altura de planta, área foliar, diámetro de tallo, número de hojas, número de Frutos, Índice estomático y densidad estomática.

Se obtuvieron los mejores resultados para las variables altura de la planta al aplicar el CPEN 2 (CS1 Mv=200,000), número de hojas con el CS1 (Mv=8,000), número de frutos con CS1 e índice estomático con el CPEN1 (CS1 Mv=8000) y densidad estomática con el CPEN1 (CS Mv=8000), obteniendo como resultado un mayor incremento de cobertura foliar de las plantas de tomate por ende aumenta el índice estomático, la densidad estomática, el crecimiento de la planta y una mejor productividad en cuanto al número de frutos. Los resultados obtenidos mostraron que el uso de quitosán es factible en la aplicación del cultivo de tomate bola variedad DRD.

**Palabras clave:** Área foliar, densidad e índice estomático, quitosán, complejos de PAA-Quitosán, tomate.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE APÉNDICE</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Generalidades de tomate .....	4
2.1.1 Origen e historia del tomate.....	4
2.2 Clasificación Taxonómica .....	5
2.3 Descripción del cultivo .....	5
2.3.1 Semilla.....	5
2.3.2 Germinación .....	5
2.3.3 Sistema Radicular.....	5
2.3.4 Tallo Principal .....	6
2.3.5 Hojas .....	6
2.3.6 Flor .....	6
2.3.7 Fruto .....	6
2.4 Requerimientos climáticos.....	6
2.4.1 Temperatura .....	7
2.4.2 Humedad .....	7
2.4.3 Luminosidad .....	7
2.5 Requerimientos edáficos .....	8
2.5.1 Suelo .....	8

2.6	Importancia del tomate .....	8
2.7	Funciones de compuestos orgánicos en los cultivos .....	9
2.8	Antecedentes del quitosán .....	9
2.8.1	Funciones en los cultivos.....	10
2.8.2	Propiedades del quitosán .....	12
2.9	Poliácido acrílico (PAA) .....	13
2.10	Complejo de poliácido acrílico-Quitosán (CPEN) .....	13
2.11	Función de los estomas en las plantas.....	14
2.10	Índice estomático (IE) .....	15
2.11	Densidad estomática (DE) .....	16
2.12	Área foliar .....	16
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1	Localización del experimento .....	17
3.2	Material vegetativo.....	17
3.3	Diseño experimental .....	17
3.3.1	Análisis estadístico .....	17
3.4	Descripción de los tratamientos.....	18
3.5	Siembra .....	18
3.6	Aplicación de los tratamientos .....	19
3.7	Establecimiento del experimento.....	19
3.7.1	Preparación del terreno .....	19
3.7.2	Trasplante.....	19
3.8	Manejo de la planta .....	19
3.8.1	Deshierbe. ....	19
3.8.2	Manejos preventivos.....	20
3.8.3	Control de plagas y enfermedades presentes. ....	20
3.8.4	Riego. ....	20
3.8.5	Poda. ....	20
3.8.6	Tutorado. ....	20
3.8.7	Programa de nutrición .....	21
3.8.8	Cosecha .....	21

3.9 Variables evaluadas .....	21
3.9.1 Altura de planta.....	21
3.9.2 Diámetro de tallo.....	22
3.9.3 Número de hojas .....	22
3.9.4 Número de frutos .....	22
3.9.5 Área foliar .....	22
3.9.6 Índice estomático.....	22
3.9.7 Densidad estomática .....	23
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
4.1 Altura de la planta.....	24
4.2 Número de hojas .....	25
4.3 Diámetro de tallo.....	26
4.4 Área foliar .....	27
4.5 Número de frutos .....	28
4.6 Índice estomático.....	29
4.7 Densidad estomática .....	30
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>32</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>40</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

pág.

- Cuadro1.** Descripción de los tratamientos del experimento. 18
- Cuadro2.** Programa de nutrición del cultivo. 21

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Comportamiento de las medias para altura de plantas de tomate (cm) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 24
- Figura 2.** Comportamiento de las medias para número de hojas de plantas de tomate tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 25
- Figura 3.** Comportamiento de las medias para el diámetro de tallo en plantas de tomate (mm) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 26
- Figura 4.** Comportamiento de las medias para el área foliar de las plantas de tomate (cm<sup>2</sup>) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 27
- Figura 5.** Comportamiento de las medias para el número de frutos en plantas tomate tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 28
- Figura 6.** Comportamiento de las medias para el índice estomático en plantas de tomate tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 29
- Figura 7.** Comportamiento de las medias para la densidad estomática en plantas de tomate tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 30

## ÍNDICE DE APÉNDICE

<b>Cuadro 1A.</b> Análisis de varianza de la variable “Altura de Planta” en plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	40
<b>Cuadro 2A.</b> Análisis de varianza de la variable “Número de Hojas” en plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	40
<b>Cuadro 3A.</b> Análisis de varianza de la variable “Diámetro de Tallo” de plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	41
<b>Cuadro 4A.</b> Análisis de varianza de la variable “Área foliar” de plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	41
<b>Cuadro 5A.</b> Análisis de varianza de la variable “Número de Frutos” de plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	42
<b>Cuadro 6A.</b> Análisis de varianza de la variable “Índice estomático” en plantas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	42
<b>Cuadro 7A.</b> Comparación de las medias de altura de las plantas en tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán.	43

- Cuadro 8A.** Comparación de las medias de número de hojas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 43
- Cuadro 9A.** Comparación de las medias del diámetro de tallo en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 44
- Cuadro 10A.** Comparación de las medias del área foliar en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 44
- Cuadro 11A.** Comparación de las medias de número de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 45
- Cuadro 12A.** Comparación de las medias del índice estomático en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tratadas con quitosán y complejos de PAA-Quitosán. 45

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada y producción global. México ocupó el noveno puesto en la producción con 2.1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31.6 toneladas y Estados Unidos el segundo con 12.7. En cuanto a la exportación de tomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan mil millones de dólares (Meister, 2006).

La determinación del área foliar de las plantas tiene gran importancia en los estudios relacionados con su crecimiento y desarrollo dado que en las hojas se sintetizan los carbohidratos que van a repartirse en los diferentes órganos. La capacidad de fotosíntesis de las plantas está directamente relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar (Norkys, *et al.* 1999).

Además, el área foliar es un índice importante en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, a la vez que determina la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y calidad de la cosecha (Vázquez, *et al.* 2000).

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores, por el nivel de contaminantes que los frutos pudiera contener, los problemas ambientales y presencia de estos compuestos residuales en suelos agrícolas (Hernández, 2004). Para reducir el impacto, y obtener productos inocuos, se recomienda sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de agroquímicos (Ruiz, 1998).

Debido a la aceptación de estos productos la superficie destinada a la agricultura orgánica ha registrado tasas de crecimiento mundiales superiores al 25% anual (Willer y Yussefi, 2000). Además, los productos orgánicos tienen un sobreprecio de 20 a 40% con respecto a los tradicionales (FAO, 2001).

Entre las alternativas para el desarrollo de pesticidas orgánicos se encuentran las oligosacarinas y oligómeros de pectina derivadas de la degradación incompleta de las paredes celulares vegetales o de levaduras así como los

oligómeros de quitina y quitosán producidos a partir de la quitina de crustáceos y hongos. Una ventaja importante de estos polímeros biológicos es su carácter polifuncional: permiten aumentar la tasa de crecimiento funcionando como fuente de carbono o como reguladores del crecimiento, aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Benavides, 2004).

Conscientes de los mayores retos a los que se enfrenta cada vez el mundo y la necesidad básica de las personas de alimentarse, hemos desarrollado un sistema de agricultura de productos orgánicos sustentable como el quitosán que ayuden al desarrollo de las plantas, suelo, produce altos rendimientos, preserva los recursos, puede ser utilizado de manera exitosa para diversos cultivos, y evitar la utilización de paquetes tecnológicos inorgánicos que estimulan el crecimiento de plantas, y no produzca efectos negativos a la inducción de enfermedades y acumulación de tóxicos en los seres humanos.

### **1.1 Objetivo General**

Determinar el efecto del quitosán y los complejos de PAA-Quitosán en la productividad e índice y densidad estomática en tomate bola.

### **1.2 Objetivos específicos**

Determinar la productividad del tomate sometido a aplicaciones de quitosán y complejos de PAA-Quitosán.

Cuantificar el índice y densidad estomática en la lámina foliar de la planta de tomate obtenida por las aplicaciones de quitosán y los complejos de PAA-Quitosán.

### **1.3 Hipótesis**

La aplicación de quitosán y los complejos de PAA-Quitosán pueden afectar de manera directa en la productividad de las plantas de tomate.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de tomate

#### 2.1.1 Origen e historia del tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) pertenece a la familia de las solanáceas. Se cree que es originaria de la faja costera del oeste en América del sur, cerca de 30° latitud sur de la línea ecuatorial. En la región andina del Perú se encuentran, a lo largo y ancho, numerosos parientes silvestres y cultivados del tomate, también en Ecuador y Bolivia, así como en las islas Galápagos (Ruiz, 2012).

Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Escalona, 2009).

En varios tratados se considera a México como el centro de domesticación del cultivo al ser utilizado como alimento cotidiano dentro de la dieta de sus habitantes. La comercialización y difusión lograda han hecho que pase a formar parte a través del tiempo, de la dieta de diversas culturas en el globo terráqueo, permitiendo que en nuestros días ocupe el segundo lugar dentro del consumo mundial de productos hortícolas (Chávez, 1980).

En un comienzo de la historia del hombre, el tomate se cultivaba exclusivamente como planta ornamental, y no se consideraba como alimento para los indios americanos, el descubrimiento notable de su riqueza vitamínica junto con su agradable gusto y color, popularizó rápidamente su consumo, hasta que ocupó un lugar importante entre las hortalizas (Ruiz, 2012).

## **2.2 Clasificación Taxonómica**

El tomate es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas y a la especie *Lycopersicon esculentum* Mill más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas (Escalona, 2009).

## **2.3 Descripción del cultivo**

El género *Lycopersicon* contiene una pequeña cantidad de especies, todas ellas herbáceas que crecen en formas y tamaños diferentes, de acuerdo con los métodos de cultivo, existiendo variedades que llegan a alcanzar hasta tres metros de altura (Centeno,1996). Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

### **2.3.1 Semilla**

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95% (Pérez, 2001).

### **2.3.2 Germinación**

El proceso de germinación comprende tres etapas:

- a. Rápida absorción, que dura 12 horas, se produce una rápida absorción de agua.
- b. Reposo, dura 40 horas, durante la cual no se observa ningún cambio; la semilla comienza a absorber agua de nuevo.
- c. Crecimiento: asociada al proceso de germinación de la semilla.

La temperatura óptima oscila entre los 20 y 25°C, se produce mejor en la oscuridad, en algunas variedades resulta inhibida por la luz (Pérez, 2001).

### **2.3.3 Sistema Radicular**

Sistema radicular: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias (Nuño *et al.*, 2007).



#### **2.3.4 Tallo Principal**

Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 24 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias (Nuño *et al.*, 2007).

#### **2.3.5 Hojas**

Compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Nuño *et al.*, 2007).

#### **2.3.6 Flor**

Es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de  $135^{\circ}$ , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o pluriocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. Las inflorescencias se desarrollan cada 23 hojas en las axilas (Nuño *et al.*, 2007).

#### **2.3.7 Fruto**

Fruto: El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 g (SAGARPA, 2010).

### **2.4 Requerimientos climáticos**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de éstos incide sobre el resto.

### **2.4.1 Temperatura**

La temperatura tiene un efecto marcado en el desarrollo y crecimiento de la planta. El tomate es una planta de clima cálido que requiere mucho calor, las temperaturas óptimas varían según el ciclo y son las siguientes; temperaturas nocturnas entre 15 y 18°C y diurnas entre 24 y 25°C y en floración de 21°C (Rodríguez *et al.*, 2001).

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad, las temperaturas de la noche y el día se deben mantener bajas, de lo contrario, se tendrá una planta raquítica y débil de floración pobre, como consecuencia de que la energía que proporciona la fotosíntesis es inadecuada para favorecer la velocidad de crecimiento (León, 2001).

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura, en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de tal manera que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas. No obstante, es importante tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Infoagro, 2011).

### **2.4.2 Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre 60 y 80%; valores más altos favorecen el desarrollo de las enfermedades en el follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores. El agrietamiento del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad en el sustrato o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. También una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Rodríguez *et al.*, 2006).

### **2.4.3 Luminosidad**

La energía solar radiante, es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior del invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas,

como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO<sub>2</sub> así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo. La concentración óptima de iluminación es de; 10,000 a 15,000 lux. (Sánchez, 2001).

## **2.5 Requerimientos edáficos**

### **2.5.1 Suelo**

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, siendo los más indicados, los suelos sueltos, bien aireados y con buen drenaje interno y que a su vez tengan capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas; con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes.

El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 (Jaramillo *et al.*, 2006).

## **2.6 Importancia del tomate**

El tomate rojo es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y la demanda de mano de obra que genera. Es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, solo superada por el ganado vacuno (SAGARPA, 2008).

El tomate es la aportación vegetal más extendida mundialmente de México. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola para consumo en el planeta. Es un importante generador de divisas y de empleos, sobre lo cual se registra un requerimiento total de 140 jornales por hectárea, cuyas actividades se distribuyen en labores de cultivo y cosecha, en selección, empaque y ventas de producto (Linares, 1999).

En los últimos años la producción de tomate en México ha mostrado muchas variaciones, en el año 2010 la producción alcanzó 2.9 millones de toneladas, los estados que se destacaron por su producción de este cultivo fueron Sinaloa,

Baja California Norte, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Sonora y Nayarit, que en conjunto aportaron el 77% de la producción. El principal estado productor es Sinaloa que aporta el 40% de la producción de México (Sánchez, 2003).

A nivel mundial, de acuerdo con cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el año 2010 se cosecharon alrededor de 4.3 millones de hectáreas de tomate o jitomate obteniéndose cerca de 145 millones de toneladas de producción.

Los productores más importantes de tomate en el mundo concentraron el 70.3% de lo generado en el año 2010: China con el 28.7% (41.8 millones ton); Estados Unidos de América con el 8.8% (12.9 millones ton); India con el 8.2% (11.9 millones ton); Turquía con el 6.9% (10 millones ton); Egipto con el 5.8% (8.5 millones ton); Italia con el 4.1% (6 millones ton); Irán con el 3.6% (5.2 millones ton); España con el 2.9% (4.3 millones ton); Brasil con el 2.5% (3.6 millones ton); México con el 2% (2.9 millones ton) (FAO STAT, 2010).

## **2.7 Funciones de compuestos orgánicos en los cultivos**

Los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades e incremento de los rendimientos (Jiménez, *et al.* 2008).

El uso de los bioestimulantes se incrementa gradualmente en la agricultura nacional, al punto que en la actualidad su aplicación se ha hecho frecuente y casi imprescindible en muchos huertos frutales, así también en el cultivo de hortalizas (Fernández, 1995 y Cassanga, 2000).

## **2.8 Antecedentes del quitosán**

Por su amplia distribución en la naturaleza la quitina es el segundo polisacárido en abundancia, después de la celulosa. Fue descubierta por Braconnot en 1811

cuando estudiaba las sustancias derivadas del *Agaricus volvaceus* y otros hongos. Posteriormente Odier, en un artículo sobre insectos reportó que había encontrado en algunos insectos con la misma sustancia que forma la estructura de las plantas, llamándola “quitina” del griego *tunic*, envoltura (Lárez, 2003).

El quitosán (poli-N-acetil-D-glucosamina) es un compuesto preparado comercialmente a través de la desacetilación alcalina de la quitina obtenida del exoesqueleto de crustáceos marinos (No y Meyers, 1995). Este compuesto es insoluble en agua, lo que junto con su alta viscosidad limita sus aplicaciones agrícolas, pero se solubiliza en ácidos débiles.

El quitosán es un compuesto que se encuentra naturalmente en el exoesqueleto de crustáceos como langostas, camarones, cangrejos, etc. (Maghsoodi y col., 2008).

La estructura molecular del polímero posee excelentes propiedades mecánicas que permiten la formación de fibras y películas biodegradables (Mármol, 2011).

### **2.8.1 Funciones en los cultivos**

En la agricultura: la quitina y sus derivados son efectivos en el control de enfermedades y plagas de vegetales, sus mecanismos de acción están vinculados a su estructura química. Pueden actuar sobre el organismo patógeno, o inducir mecanismos defensivos en las plantas, contra varias enfermedades vegetales antes y después de la cosecha (Sánchez, 2007).

El uso del quitosán tiene funciones en la agricultura, mejora la actividad fungicida y reduce enfermedades como la pudrición gris causada por el hongo *Botrytis cinérea* y la pudrición blanda por *Rhizopus stolonif*, (El Ghaouth y col., 1991;1992a; 1992b) y retarda el desarrollo de la enfermedad; como se ha demostrado en la aplicación de frutos de hortalizas tratadas con quitosán en comparación con las tratadas con fungicidas sintéticos (Zhang y Quanting, 1997;1998).

La actividad fungicida del quitosán se ha estudiado, tanto *in vitro* (El Ghaouth *et al.*, 1992a) como *in vivo* (Li y Yu, 2001; Yu *et al.*, 2007). El quitosán inhibe multitud de especies de hongos a través de una actividad antifúngica.

En este sentido, un estudio reciente relacionado con la protección de plantas de uva (Barka *et al.*, 2004) mostró que el quitosán no sólo es efectivo para inhibir el crecimiento de *B. cinerea* en las plantas expuestas a este microorganismo sino que además parece activar mecanismos de defensa. Igualmente, el tratamiento con el biopolímero estimuló el crecimiento de las plantas. Otros estudios realizados con plántulas de tomate han mostrado resultados similares en la inducción de resistencia hacia *Fusarium oxysporum* (Benhamou *et al.*, 1998).

La formación del complejo polielectrolito bloquea físicamente la membrana celular externa del microorganismo, impidiendo el flujo normal de nutrientes/desechos, provocando la muerte bacteriana, por lo que actúa como un bactericida (Chung *et al.*, 2004).

El quitosán se emplea principalmente como una ayuda en el crecimiento de las plantas, debido a sus propiedades como sustancia que permite promover la defensa de las plantas contra infecciones causadas por hongos. Su uso ha sido aprobado por muchos productores de plantas de interior y exterior (Lárez, 2003).

En algunos casos, se ha observado que la estimulación de la germinación de semillas por tratamiento con quitosán ha logrado elevar el porcentaje de germinación a los niveles requeridos para la certificación (Bhaskara *et al.*, 1999).

En términos generales, la aplicación de quitosano ha mostrado efectos positivos como reguladores de crecimiento, aceleran la germinación de semillas, el vigor de las plantas y el rendimiento agrícola. Por tanto, por su gran potencial de aplicación en la agricultura se ocupan con mayor extensión principalmente como sustituto de los actuales reguladores de crecimiento de las plantas (Mármol, 2011).

### **2.8.2 Propiedades del quitosán**

Es un producto orgánico, biodegradable, no tóxico y no contaminante, cuyo ingrediente activo es un polímero natural derivado de la Quitina, llamado quitosano (Bautista, 2004).

La actividad antimicrobiana del quitosán contra varias bacterias y hongos es bien conocida, y ha sido reportada por numerosos autores. Esta propiedad es debida a la naturaleza policatiónica del quitosán, facilitando su aplicación en una gran variedad de campos, incluyendo bromatología, agricultura, medicina, farmacia y textiles (Rabea, *et al.*, 2003). La actividad antifúngica del quitosán (Hirano y Nagao, 1989) y su capacidad para promover cambios metabólicos en las plantas, induciendo la acumulación de fitoalexinas y otros compuestos fenólicos con actividad antimicrobiana, le permite influir favorablemente sobre el desarrollo de los cultivos.

Por ejemplo, se ha comprobado que el quitosán induce una mayor germinación y rendimiento de los cultivos de cereal y tomate (Hadwiger, 1984; Hidalgo L. *et al.*, 1996). El quitosán es un excelente formador de películas a partir de sus disoluciones y entre otras aplicaciones, se ha utilizado en recubrimientos comestibles de frutas y vegetales para prolongar su tiempo de almacenamiento (Maruka, 1993).

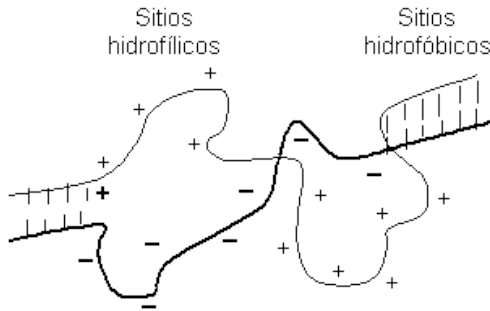
## **2.9 Poliácido acrílico (PAA)**

El PAA es versátil como espesante debido a que pequeñas cantidades de polímero (del orden de 1-2%) en un medio predominantemente acuoso forman productos en el intervalo de geles a líquidos dependiendo de la cantidad de polímero agregado; así como del peso molecular de éste. Se utiliza como espesante en látex naturales y sintéticos para facilitar la inmersión y recubrimiento. También en cosméticos, cremas, lociones, fijadores para cabello. Para espesar y suspender pigmentos, agentes de pulido y emulsiones. También actúa como adhesivo temporal que contribuye a la resistencia en las cerámicas antes de cocerse.

## **2.10 Complejo de poliácido acrílico-Quitósán (CPEN)**

Los complejos de poliácido acrílico-quitósán (PAA-Q), además de poseer las propiedades de éstos, tienen la ventaja de ser solubles en agua y mejorar las propiedades que posee individualmente cada polímero. Pueden aplicarse al suelo o al agua, con el objetivo de quelatar metales, inducir tolerancia al estrés en plantas, aglomerar partículas de suelo, entre otras, sin riesgo de contaminación, ya que son totalmente biodegradables (Benavides, *et al.* 2004). Se encontró adicionalmente un efecto promotor de crecimiento de los complejos de quitósán al cultivar plantas en suelos pobres de zonas áridas. Semillas de tomate sembradas en suelo calcáreo tratado con diferentes concentraciones de ácido benzoico y complejo de poliácido acrílico-quitósán (PAA-Q) hicieron posible que se presentara un efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de fruto tanto al aplicar el complejo de PAA-Q como con el ácido benzoico (Benavides, *et al.* 2007).





**Esquema 1.** Representación esquemática de un complejo.

En cuanto a la calidad del fruto fue posible mantener la firmeza en el transcurso de varios días, los mejores resultados se obtuvieron con el PAA-Q. El complejo de poliácido acrílico-quitosán (PAA-Q) con una composición igual a 2 y un pH igual a 4.5 se sintetizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada, usando poliácido acrílico de peso molecular 200,000 y quitosán marca Aldrich con peso molecular 65 000, (Ortega-Ortiz, *et al.* 2003).

### 2.11 Función de los estomas en las plantas

La superficie epidérmica de las hojas presenta un gran número de poros llamados estomas. Los estomas son microscópicos y están rodeados por dos células epidérmicas especialmente llamadas células oclusivas, que regulan la apertura y cierre de los estomas (Bautista, 2005).

Cada estoma está formada por 2 células especializadas llamadas oclusivas que dejan entre sí una abertura llamada ostiolo o poro. En muchas plantas hay 2 o más células adyacentes a las oclusivas y asociadas funcionalmente a ellas. Estas células, morfológicamente distintas a las fundamentales se llaman células anexas, subsidiarias o adjuntas (Castor, 2009).

En las plantas tienen varias funciones fisiológicas importantes, involucran intercambio de gases entre la atmósfera y la hoja. El intercambio de gases generalmente se lleva a cabo a través de los estomas en la epidermis. Los estomas son responsables de la toma de CO<sub>2</sub> y de la pérdida de agua durante la transpiración bajo las cambiantes condiciones ambientales. Por ello, la información acerca de la morfología, densidad y frecuencia de los estomas es

importante ya que estos están relacionados con importantes funciones fisiológicas como la fotosíntesis y la respiración, relacionadas con el rendimiento de frutos y acumulación de biomasa en las plantas (Barrientos, *et al* 2003).

La adquisición de dióxido de carbono y el intercambio de oxígeno por medio de las hojas que son los órganos fundamentales para que se desarrollen los procesos de fotosíntesis y respiración de las plantas. Sin embargo, su apertura también provoca la pérdida de agua de la planta en forma de vapor a través del proceso denominado transpiración (Cañizares *et al*, 2003).

Por esto, la apertura o cierre de los estomas está muy finamente regulada en la planta por factores ambientales como la luz, la concentración de dióxido de carbono o la disponibilidad de agua. En casos de sequía (estrés hídrico) se cierran los estomas impidiendo pérdidas de agua en la planta, lo cual, sin embargo, también imposibilita el intercambio de gases y, en consecuencia, la entrada de CO<sub>2</sub> atmosférico necesaria para la nutrición de las plantas mediante el proceso de fotosíntesis. Es por ello que en regiones xerófilas, los estomas frecuentemente son pequeños o casi inexistentes, y además, contienen cantidades apreciables de ceras, pelos y tricomas, que dificultan la salida del vapor de agua (Castor, 2009).

El mecanismo de apertura y cierre de los poros de estomas ha sido objeto de diversas investigaciones, se admite de modo general que el movimiento estomático tiene lugar como respuesta directa al aumento o disminución de contenido osmótico de las células oclusivas, los cambios osmóticos obligan al agua a entrar o salir de las células oclusivas, haciendo aumenten de volumen o se tornen flácidas. Cuando las células oclusivas están turgentes, el estoma se abre y cuando están flácidas el estoma se mantiene cerrado (Delvin, 1982).

## **2.10 Índice estomático (IE)**

El índice estomático representa el cociente entre el número de estomas y la cantidad de células epidérmicas (Croxdale, 2000).

### **2.11 Densidad estomática (DE)**

La densidad estomática corresponde al número de estomas por unidad de superficie foliar y representa un valor diagnóstico para fragmentos de láminas foliares (Croxdale, 2000).

El índice estomático sirve para expresar el número de estomas por superficie foliar, independientemente del tamaño de las células epidérmicas. Tanto la DE como el IE pueden estar influenciados por las condiciones ambientales y nutricionales (Cañizares *et al*, 2003).

### **2.12 Área foliar**

El área foliar es una variable muy importante con la que podemos determinar el índice de crecimiento de un cultivo en determinado período de tiempo, es bien conocido que la magnitud del ÁF define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios y a partir del índice de área foliar (ÍÁF), se estima fotosíntesis y rendimiento final (Pérez, 2004).

A mayor área foliar mayor será la cantidad de luz que se podrá captar, lo que incrementará el proceso de fotosíntesis e incidirá positivamente en el crecimiento de la planta, el área foliar es una de las variables que más se tienen en cuenta a la hora de determinar resultados, por lo que su determinación es de suma importancia (Rosemary *et al*, 2006).

El incremento en el área foliar tiene gran importancia fisiológica para las plantas, debido a la mayor superficie fotosintética activa de la planta, lo cual favorece la producción de carbohidratos, el cual unido al agua y a los elementos minerales absorbidos influyen directamente en la síntesis de proteínas u otros compuestos orgánicos que tienen una relación directa con el aumento de la producción de biomasa (Ultria, 2008).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del experimento**

El presente trabajo se realizó en Buenavista Saltillo, Coahuila; México, durante el ciclo primavera – verano del año 2012, en el invernadero de fitomejoramiento tipo curvo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicado bajo las siguientes coordenadas geográficas 25° 21" de latitud norte y 101° 01" longitud oeste y a una altitud de 1779 msnm (Google Earth, 2013).

#### **3.2 Material vegetativo**

Nombre de la Variedad DRD, semillas certificadas con un 90% de germinación, tomate tipo bola muy productivo, de tipo determinada. Planta de tipo generativa y de buen vigor, el fruto redondo, rojo brillante, muy firme y uniforme con excelente vida de anaquel, peso promedio de 220 a 240 gramos. Esta variedad es muy buena para cultivos durante todo el año, ideal para invernaderos sin calefacción.

Este trabajo experimental se llevó a cabo dentro de un invernadero tipo curvo, con películas de polietileno con dos extractores y paredes húmedas para mantener en las mejores condiciones el cultivo de tomate.

#### **3.3 Diseño experimental**

Este trabajo se realizó bajo un arreglo experimental completamente al azar con 5 tratamientos y 8 repeticiones. Haciendo un total de 40 plantas de la variedad utilizada dentro del invernadero.

##### **3.3.1 Análisis estadístico**

Los datos fueron sometidos a un análisis mediante el programa de SAS bajo un sistema completamente al azar, y se hizo una prueba de comparación mediante la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), por medio del paquete estadístico versión 9.0.

### 3. 4 Descripción de los tratamientos

Para este experimento se utilizaron compuestos orgánicos de quitosán (CS) de diferente peso molecular viscosimétrico (Mv), los cuales son los siguientes: Tratamiento 1 (Testigo), Tratamiento 2: CPEN1 Complejo de PAA-quitosán (CS con Mv=8,000), Tratamiento 3: CPEN2 Complejo de PAA-quitosán (CS con Mv=200,000); Tratamiento 4 Quitosán con Mv= 8,000 y Tratamiento 5 Quitosán con Mv= 200,000.

**Cuadro1.** Descripción de los tratamientos aplicados al cultivo de tomate.

Tratamiento 1 	Sin aplicación (testigo)
Tratamiento 2 	CPEN1 Complejo de PAA-quitosán (CS con Mv=8,000)
Tratamiento 3 	CPEN2 Complejo de PAA-quitosán (CS con Mv=200,000)
Tratamiento 4 	CS1 con Mv=8,000
Tratamiento 5 	CS2 con Mv=200,000

### 3.5 Siembra

La siembra se realizó el día viernes 25 de mayo del 2012 a las 5:00 pm, la cual se hizo en charolas de poliestireno, depositando una semilla por cavidad a una profundidad de 1 cm.

### **3.6 Aplicación de los tratamientos**

La primera aplicación de los compuestos orgánicos se realizó el 29 de junio del 2012 a los 34 días después de la siembra, la segunda aplicación se realizó el 13 de julio del 2012, la tercera aplicación se realizó el 27 de julio del mismo año, la cuarta aplicación se realizó el 10 de agosto del mismo año, la quinta aplicación se realizó el 24 de agosto, la quinta y última aplicación se realizó el 7 septiembre del 2012. Se aplicó vía sustrato 20 ml por planta para 8 repeticiones de cada tratamiento.

### **3.7 Establecimiento del experimento**

#### **3.7.1 Preparación del terreno**

Esta actividad se hizo de forma manual ya que el trabajo se realizó en invernadero y el espacio para este trabajo no fue extenso, las labores que se hicieron fueron las siguientes: quitar todo tipo de basura que había en el espacio donde se colocarían las macetas para evitar problemas de infecciones, se niveló la cama para colocar un plástico para evitar contaminaciones de enfermedades, y se eliminó todo tipo de malezas que habían alrededor.

#### **3.7.2 Trasplante**

Cuando las plantas alcanzaron en la charola una altura de 10 a 15 cm y cuando las plantas tenían tres y cuatro hojas verdaderas se consideró que ya están listas para el trasplante, esto ocurre aproximadamente entre los 30 días después de la siembra. El trasplante se realizó el día 26 de junio del 2012, consistió en el paso de las plantas que estaban en la charola al contenedor o maceta con sustrato elaborado con una mezcla de perlita y peat moss.

### **3.8 Manejo de la planta**

**3.8.1 Deshierbe.** Esta actividad se realizó de manera manual durante el ciclo del cultivo.

**3.8.2 Manejos preventivos.** Aplicación de fungicidas cada 8 días alternando Mancozeb y Tecto 60 e insecticida Confidor aplicando vía foliar.

**3.8.3 Control de plagas y enfermedades presentes.** Durante el desarrollo del cultivo la plaga que se presentó fue la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) que se controló con la aplicación de el insecticida confidor y con productos orgánicos como extracto de ajo, y control de la enfermedad tizón tardío (*phytophthora infestan*) también con los fungicidas mancozeb.

**3.8.4 Riego.** El sistema de riego utilizado fue manual, y durante la etapa de crecimiento y desarrollo se aplicaron diariamente de 1000 a 1500 ml/ maceta, y durante la Etapa de floración y fructificación se aplicaron diariamente de 2000 a 2100 ml/ maceta, se aplicaba esta cantidad si se observaba el requerimiento de la planta, en caso de que las macetas estuvieran húmedas se les aplicaba una cantidad menor.

**3.8.5 Poda.** Es una práctica que se realiza al cultivo de tomate de crecimiento determinado, se realizó de cuando las plantas tenían una altura de 30-40 cm, eliminando los primeros tallos laterales, al igual que el follaje viejo, mejorando así la entrada de luz. Así mismo determinar el número de brazos a dejar por la planta. Es fundamental eliminar los brotes axilares o mejor conocido como deschuponado cuando tienen alrededor de 5 cm de largo.

**3.8.6 Tutorado.** Para este se utilizaron hilos de polietileno amarados a cables de acero que soportaran el peso del cultivo con el fin de mantener las plantas en un crecimiento adecuado.

Sirve de apoyo a la planta para que logre una mejor producción y frutos más inocuos y al momento de la cosecha sea más fácil su recolección.

Su función favorece el crecimiento de la plantas con habito trepador o rastrero (tomate), hace que los frutos queden elevados del suelo y esto favorece a un fruto de mejor calidad.

### 3.8.7 Programa de nutrición

A lo largo del ciclo del cultivo el programa de nutrición consistió en la aplicación diaria de macro y microelementos de productos de Tradecorp, S.A. de C.V. los fertilizantes y cantidades utilizadas se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Fertilizantes usados durante el ciclo de cultivo del tomate.

FERTILIZACION	FORMA DE APLICACIÓN	CANTIDAD	DIA DE APLICACIÓN	ETAPA FENOLÓGICA		
TRADE Fe	SOLIDO	0.7 G/LITRO	LUNES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
ATON Zn	LIQUIDO	0.7ML/LITRO	MARTES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
TRADE Cu	LIQUIDO	0.5ML/LITRO	MIERCOLES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
TRADE Mn	LIQUIDO	0.4ML/LITRO	LUNES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
TRADE Mo	LIQUIDO	0.4ML/LITRO	MARTES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
TRADE B	LIQUIDO	0.5ML/LITRO	VIERNES	INICIO DE FLORACION		
TRAFOS P, K	LIQUIDO	2 ML/LITRO	VIERNES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
PHOSTRADE MG	LIQUIDO	1.5ML/LITRO	JUEVES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y
NITROLOUR N	LIQUIDO	2 ML/LITRO	JUEVES	CRECIMIENTO DESARROLLO	VEGETATIVO	Y

### 3.8.8 Cosecha

La cosecha dio inicio a los 100 a 120 días después de la siembra cuando el tomate alcanzó el calibre deseado y empieza el fruto a rayarse y/o tener un cambio en su coloración y los indicadores de cosechas adecuados.

## 3.9 Variables evaluadas

En este trabajo experimental las variables evaluadas fueron: altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallo, área foliar, número de frutos, Índice y densidad estomática.

**3.9.1 Altura de planta.** Se determinó midiendo con una cinta métrica graduada en centímetros y milímetros desde el inicio del tallo hasta el ápice de la planta de tomate midiendo las 8 repeticiones de cada tratamiento.



**3.9.2 Diámetro de tallo.** Para esta variable se utilizó un instrumento llamado calibre, que es un medidor de calibre de diámetro.

**3.9.3 Número de hojas.** Se realizó de manera manual contando el número de hojas.

**3.9.4 Número de frutos:** en esta variable igual que la anterior se realizó un conteo al momento en que la planta empezó con la fructificación realizando varios conteos en la etapa de fructificación.

**3.9.5 Área foliar.** El área foliar es una variable muy importante con la que podemos determinar el índice de crecimiento de un cultivo en determinado período de tiempo. En este caso el área foliar se realizó con un medidor de área foliar portable marca LI-COR y se tomaron tres lecturas por cada planta, para esto únicamente se pasaba el sensor por la hoja y nos indicaba directamente la lectura en centímetros cuadrados.

**3.9.6 Índice estomático.** Para esta variable se utilizaron muestras de hojas de haz y envés de 3 plantas por tratamiento, a cada muestra a través de una metodología se cortaron una hoja compuesta y a cada foliolo se le aplico pegamento de PVC y con la utilización de una cinta de diurests se colocaba en la muestra tanto del haz y envés de la hoja, procediendo a colocarlo en un portaobjeto y colocarlo en un microscopio óptico con un campo de observación de 400X para determinar el número de estomas.

Se realizó el cálculo de índice estomático con la siguiente formula:

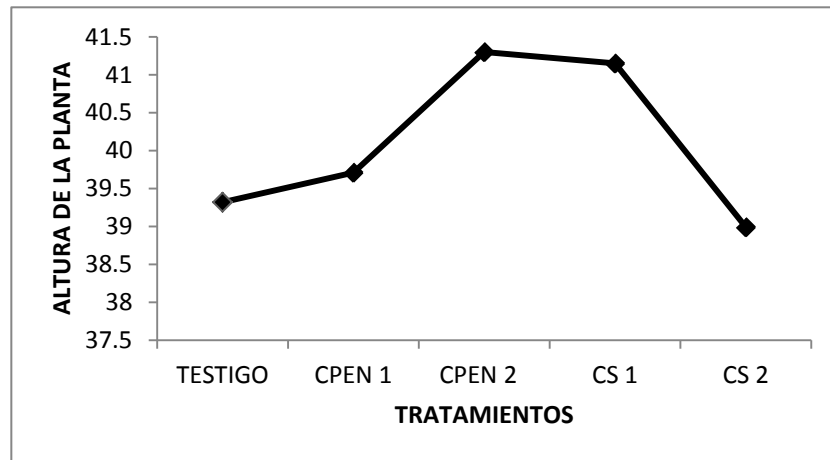
ÍNDICE ESTOMÁTICO= (No. de estomas / No. de células epidérmicas + No. de estomas) x 100

**3.9.7 Densidad estomática.** Para esta variable se realizó un conteo de forma visual, observadas a través de un microscopio óptico con un campo de observación de 400X en la lámina foliar de la muestra.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de la planta

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta no mostraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si fueron diferentes (Figura 1).

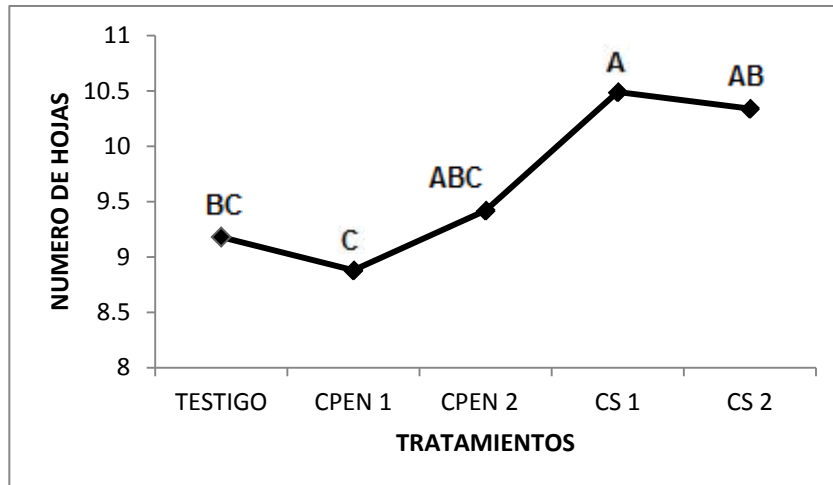


**Figura 1.** Comportamiento de las medias para altura (cm) de plantas de tomate tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

Con respecto a la altura de la planta el tratamiento CPEN 2 (CS Mv=200,000), es el de mayor crecimiento alcanzando una altura de 41.3 cm, seguido por el tratamiento CS1 (Mv=8,000) con una altura de 41.15 cm, superando el Testigo por una diferencia de 1.9 cm, y el que obtuvo el menor incremento en cuanto altura de la planta fue CS2 (Mv=200,000) con una altura de 38.99 cm, esto coincide con Freepons (1987) al aplicar una solución acuosa de quitosán con ácido glutámico a semillas de cereales, obtuvo un efecto positivo en el crecimiento de la planta. Por otro lado la aplicación del complejo de poliácido acrílico-quitosán (PAA-CS) con PAA de bajo peso molecular ejerció un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas de lechuga (*Lactuca sativa L. var. Great Lakes*) y cebolla (*Snow ball*) bajo condiciones de estrés abiótico (Benavides *et al.*, 2004).

## 4.2 Número de hojas

Los resultados obtenidos para la variable número de hojas muestran que si existe diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, y muestran las siguientes tendencias (Figura 2).

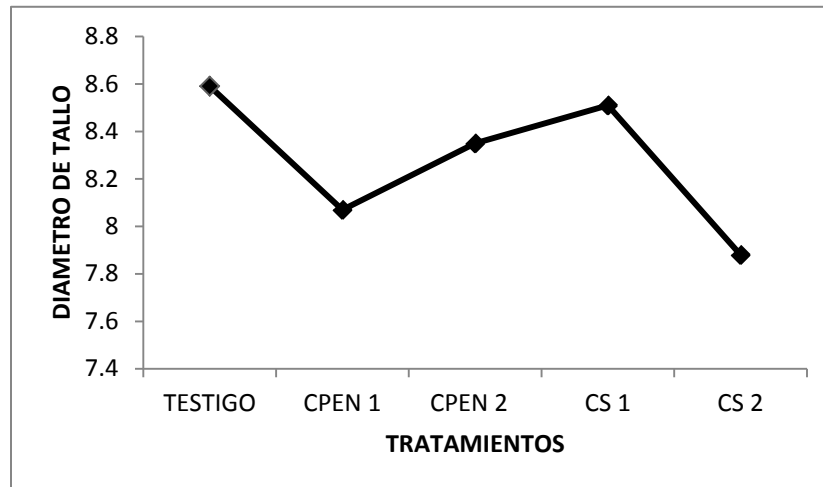


**Figura 2.** Comportamiento de las medias para número de hojas de tomate tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

En la Figura 2 el tratamiento 4 (CS Mv=8,000), presenta el mayor incremento alcanzando un número de hojas de 10.49, seguido por el tratamiento 5 (CS Mv=200,000) con un número de 10.34, superando el Testigo por una diferencia de 1.31, y el que obtuvo el menor incremento en cuanto número de hojas de la planta fue CPEN1 (CS Mv=8,000) con un 8.88 cm, esto lo confirma lo obtenido por (Terreno *et al.*, 2011) quienes comprobaron que las plantas de tomate tratadas con quitosán presentaron superioridad al resto de los tratamientos.

### 4.3 Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos para la variable diámetro de tallo no mostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si fueron diferentes (Figura 3).

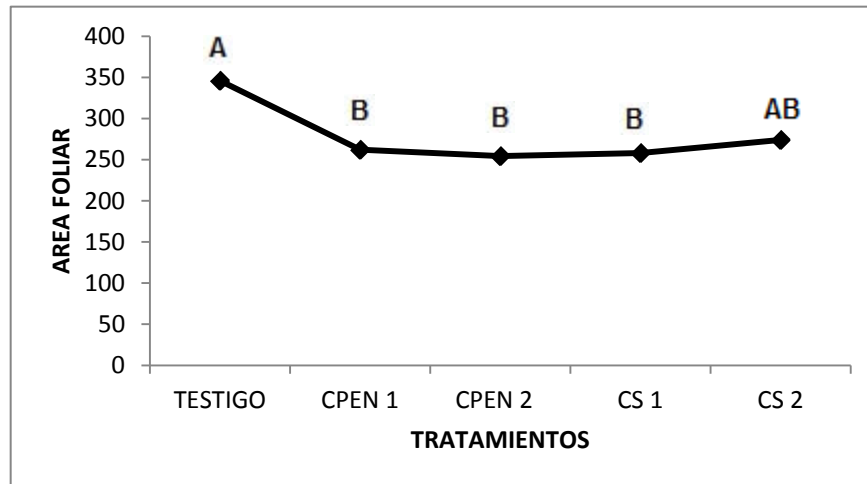


**Figura 3.** Comportamiento de las medias para la variable diámetro de tallo de plantas de tomate (mm) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

En la figura 3 se observa claramente que el tratamiento 1 Testigo, es el que alcanza mayor grosor de tallo alcanzando un diámetro de 8.59 mm, seguido por el tratamiento 4 (CS Mv=8,000) con un diámetro de 8.51 mm, superando al resto, y el que obtuvo el menor incremento en cuanto a diámetro de tallo fue el tratamiento 5 (CS Mv=200,000) con un diámetro de 7.88 mm. Por otra parte, Handwiger (1992) desarrolló un método para tratar semillas de cereales con quitosán, donde comprobó que de las semillas tratadas se obtuvieron plantas con tallos más gruesos.

#### 4.4 Área foliar

Los resultados obtenidos para la variable área foliar mostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (Figura 4).

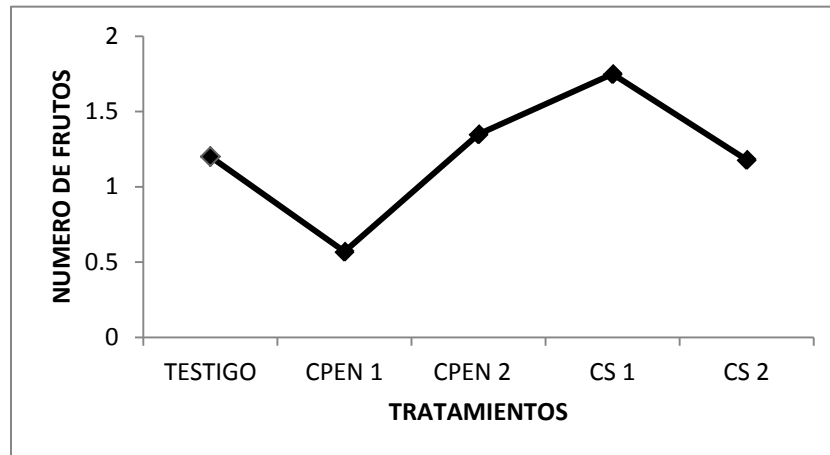


**Figura 4.** Comportamiento de las medias para la variable área foliar de plantas de tomate (cm<sup>2</sup>) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitósán (CPEN).

Los resultados de la variable área foliar muestran claramente que el Testigo destacó en el comportamiento de los tratamientos evaluados en el presente trabajo. Destacando además que el tratamiento (CS Mv= 200,000) el que mostró el valor más alto al resto de los tratamientos; siendo el CPEN 2 (Mv= 200,000) con un área foliar de 254.44 cm<sup>2</sup> el que mostró el valor más bajo. Probablemente influyó la etapa fenológica del cultivo y las condiciones de manejo en las que se encontraban al momento de realizar los muestreos como lo menciona (Pérez, 2004) que a medida que la planta alcanza la madurez incrementa las pérdidas de área foliar.

#### 4.5 Número de frutos

Los resultados para la variable de número de frutos muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, pero muestran las siguientes tendencias (Figura 5).



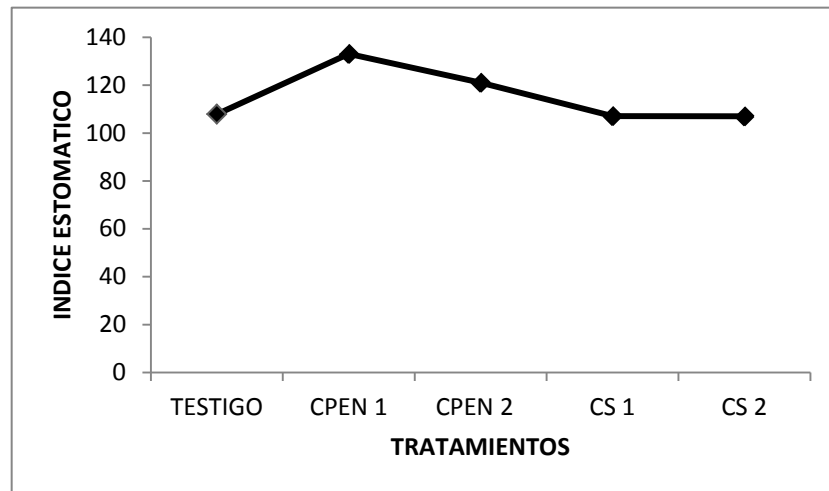
**Figura 5.** Comportamiento de las medias para la variable número de frutos de tomate tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

De acuerdo a los resultados se encontró que el tratamiento 4 (CS Mv=8,000) es superior al testigo por una diferencia 0.6 fruto, seguido por el tratamiento 3 (CPEN2 Mv=200,000) al igual este fue superior al testigo, y se comporto con un valor intermedio entre el testigo y el mejor, el que tuvo el valor más bajo es el tratamiento (CPEN 1 PM Mv=8,000), por debajo del Testigo. El efecto de compuestos orgánicos influyó en el rendimiento de frutos. Lo que sugiere que los compuestos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Efectos significativos similares han sido reportados por Rodríguez-Dimas *et al.* (2007).

Acosta (2005) demostró que para el número de frutos por planta en el cultivo del tomate variedad "Vyta", el tratamiento con Bioestimulantes a base de quitosán, Pectimorf y el Biobras-16 superó estadísticamente al tratamiento Control.

#### 4.6 Índice estomático

Los resultados obtenidos para la variable índice estomático no mostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si fueron diferentes (Figura 6).



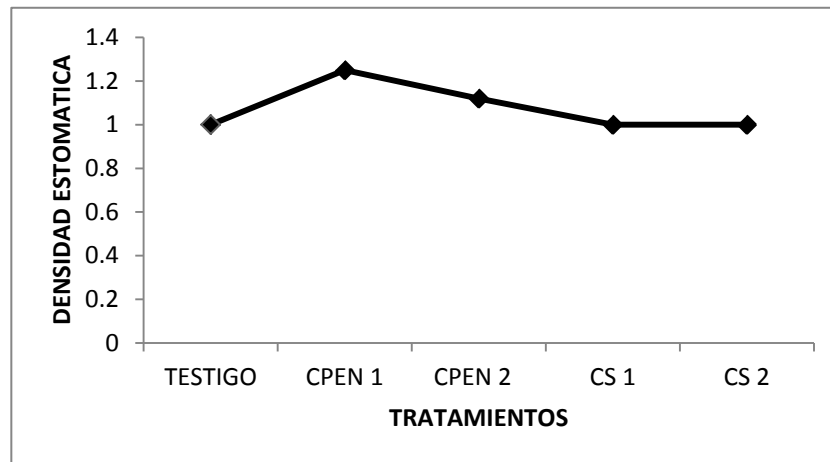
**Figura 6.** Comportamiento de las medias para la variable índice estomático de tomate tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

Con base a los resultados para la variable de índice estomático el tratamiento CPEN1 (Mv= 8,000), representa el de mayor incremento alcanzando un índice estomático de 133.10, seguido por el tratamiento CPEN 2 (Mv= 200,000) con un índice estomático 121.06, superando el Testigo por una diferencia de 25.21, y el que obtuvo el menor incremento en cuanto índice estomático de la planta fue (CS Mv= 200,000) con un índice de 107.00. En cuanto a los tratamientos, no se tuvieron diferencias estadísticas significativas, numéricamente si las hay, el Testigo presentó el valor más bajo. De acuerdo a estos resultados coinciden con Bautista (2005) al aplicar Complejo Poliacido Acrílico – Quitosán (PAA-Q) y Ácido Salicílico en Solución Natural sobre la Anatomía Epidérmica en Tomate, encontró diferencias estadísticas no significativas.



#### 4.7 Densidad estomática

Los resultados obtenidos para la variable densidad estomática no mostraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Pero numéricamente si fueron diferentes mostrando las siguientes tendencias (Figura 7).



**Figura 7.** Comportamiento de las medias para la variable Densidad Estomática de tomate tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

En esta variable se observa que el tratamiento 2 CPEN1 (CS Mv=8,000), obtuvo la mayor densidad de estomas, siendo superior al testigo, mientras que los tratamientos que mostraron el menor número de estomas fueron el tratamiento 4 (CS1) y el tratamiento 5 (CS2) con exactamente el mismo número de estomas de 1 estoma. Efectos similares han sido reportados por (Sámamo, 2003) al aplicar en forma foliar inductores a las plantas de agave de tequila encontró que el complejo PPA-Q presento mayor densidad estomática en comparación al Testigo.

## V. CONCLUSIONES

- ❖ El producto orgánico quitosán (CS Mv=8,000) empleado, mostró que al aplicarlo promueve un mayor desarrollo de número de hojas en la planta de tomate, además de que se obtiene un mayor rendimiento de frutos.
- ❖ El mejor desarrollo efectuado por las plantas de tomate se adquiere al aplicar CPEN2 (CS Mv=200,000), lo que resulto en un mayor incremento en cuanto altura de la planta.
- ❖ Las aplicaciones con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN), afectan negativamente el área foliar.
- ❖ Las plantas de tomate aplicadas con el tratamiento 2 CPEN1 (CS Mv=8,000) alcanzan mejores resultados en cuanto a índice y densidad estomática.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, W. Evaluación de diferentes dosis de Biobras-16 en el cultivo del tomate variedad " Vyta " en condiciones Edafoclimáticas de la Provincia de Granma. Trabajo de Diploma. 2005. 21 p.
- Barrientos Priego, Michal W. Borys, Carlos Trejo, Luis López López. Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 26, núm. 4, octubre-diciembre, 2003, pp. 291-299, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México.
- Barka, E. A.; P. Eullaffroy, C. Climent and G. Vernet. 2004. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports* 22: 608-614.
- Bautista Baños, Leticia Bravo Luna. Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda del tomate durante el almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 6, núm. 1, 2004, pp. 63-67, Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. México.
- Bautista Hernández Carolino, 2005. Tesis de Ingeniería, Horticultura, UAAAN, Complejo Poliácido Acrílico – Quitosán (PAA-Q) y Ácido Salicílico en Solución Natural sobre Anatomía Epidérmica en Tomate, pp 20 y 56.
- Benavides-Mendoza, A., H. Ortega-Ortíz, A. Flores-Olivas, H. Ramírez, L.O. Fuentes-Lara, J. Hernández-Dávila, V. Robledo-Torres. 2004. Complejos de poliácido acrílico-quitosán como inductores de tolerancia al estrés en tomate, lechuga y cebolla. *AGROFAZ* 4(2): 599-605.
- Benavides-Mendoza A., D. Burgos-Limón, H. Ortega-Ortiz<sup>2</sup> y H. Ramírez. 2007. El Ácido benzoico y el Poliácido Acrílico-Quitosán en la Calidad y el Rendimiento del Tomate Cultivado en Suelo Calcáreo. *Terra Latinoamericana* 25(3), 261-268.
- Benhamou, N.; J. W. Kloepper and S. Tuzun. 1998. Induction of resistance against *Fusarium* wilt of tomato by combination of chitosan with

- endophytic bacteria strain: ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Planta* 204: 153–168.
- Bhaskara, M. V.; J. Arul, P. Angers and L. Couture. 1999. Chitosan Treatment of Wheat Seeds Induces Resistance to *Fusarium graminearum* and Improves Seed Quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 47: 208–1216.
- Cañizares Adolfo, Sanabria, M. Rodríguez E. Dorian A. y Perozo, Yaritz 2003. Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre ocho patrones cítricos. *Revista UDO Agrícola* 3 (1): 59-64.
- Cassanga E., M. Efectos de algunos bioestimulantes en el desarrollo y crecimiento de pimiento. Trabajo de Diploma. UDG. 2000.
- Cásseres, E. 1981. Producción de Hortalizas. 3° Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- Castor Hernández Luis. 2009. Tesis, Horticultura, UAAAN Características De Estomas y Vasos de Xilemas En Tretraploides de Tomate, pp 20.
- Centeno, G. E. 1996. Morfología de la planta en el cultivo de tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán SARH-INIA. Culiacán, Sinaloa.
- Chávez B.G.A. 1980. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán., Morfología de la Planta. SARH-INIA. Culiacán, Sin. México.
- Chung, Y.; Y. Su, C. Chen, G. Jia, H. Wang, J. Wu and J. Lin. 2004. Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacologica Sinica* 25: 932-936.
- Croxdale, J. 2000. Stomatal patterning in angiosperms. *American Journal of Botany* 87 (8):1069-1080.
- Devlin. Robert M, 1982. Fisiología vegetal. Cuarta edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. Pp 517.
- Díaz, G. En la efecto de un análogo de brasinoesteroide DDA-6 en el cultivo del tabaco. *Cultivos Tropicales* (La Habana) 16(3):53-55, 1995.

- El Ghaouth, A., Ponnampalam, R. and Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science* 56: 1618-1621.
- El-Ghaouth, A.; J. Arul, J. Grenier and A. Asselin. 1992a. Effect of chitosan and other polyions on chitin deacetylase in *Rhizopus stolonifer*. *Experimental Mycology* 16: 173–177.
- Escalona Víctor. Alvarado Pablo. Hernán Monardes M. Claudio Urbina Z. Alejandra Martín. 2009. MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum Mill.*) NODO HORTICOLA.VI REGION, pp 8.
- FAO STAT. 2010. Base de datos multilingüe en línea de estadística a la agricultura, nutrición, industria pesquera y silvicultura. En línea: <http://faostat.fao.org/site/339/default.spx>.
- Freepons, D.E. 1987. Plant growth regulations derived from chitin. Pat. US No. 0243695.
- FAO (2001) Centro de Comercio Internacional. Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas: Oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos. Roma, Italia, Disponible en: [www.fao.org/DOCREP/005/Y2TRS/y2772s0c.htm](http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2TRS/y2772s0c.htm) (consulta 15 de noviembre de 2005)
- Fernández, A. Influencia del análogo de brasinoesteroide DAA-6 en el cultivo del tomate en el Taller de Productos Bioactivos, IV Taller de brasinoesteroides (INCA). La Habana., 30 de nov. 1995.
- Hadwiger L. A., B. R. C. Fristensky, Riggleman, J. P. Zikakis. 1984. "Chitin, Chitosan and Related Enzymes", Eds. Academic Press Inc., Orlando FL, 29.
- Hadwiger, L.A. 1992. Method for treating cereal crops with chitosan. Pat. US No. 5104437.
- Hernandez, A, A Gomez M, G Pena, F Gil, L Rodrigo, E Villanueva, A pla (2004) Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from

- plastic greenhouse workers. *J Toxicol, Eaviron. Health. Part A* 67:1095-1008.
- Hidalgo L., W. Argüelles, C. Peniche. 1996. *Rev. Protección vegetal* 11(1): 33.
- Hirano, S. y Nagao, N. 1989. *Agric. Viol. Chem.* 53:3065.
- J. Barceló coll, *et al*, 2008, Fisiología Vegetal, Ediciones Pirámide,(Grupo Anaya, S.A), Estomas y Células oclusivas, pp 71-74.
- Jaramillo Noreña, Viviana Patricia Rodríguez, Miriam Guzmán A. Miguel A. Zapata 2006. C O R P O I C A Centro de Investigación La Selva Río negro, Antioquia, Colombia Boletín Técnico 21 El Cultivo De Tomate Bajo Invernadero, pp. 11.
- Jiménez Núñez L., Gustavo, G. G., María Caridad J. A.2008. Efectos de tres bioestimulantes sobre los rendimientos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*). *Revista Electrónica Granma Ciencia* 12(3).
- Lárez, Velásquez, C; 2003. Algunos Usos Del Quitosan En Sistemas Acuosos. Universidad de los Andes. Departamento De Química, Grupo de Polímeros. pp. 95
- León G., H. M. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua
- Li, H. and Y. Yu. 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 269-274.
- Li, Y.; X. G. Chen, N. Liu, C. S. Liu, C. G. Liu, X. H. Meng, L. J. Yu and J. F. Kenendy. 2007. Physicochemical characterization and antibacterial property of chitosan acetates. *Carbohydrate Polymer* 67: 227–232.
- Linares, P. O. 1999. Análisis de la Producción y Comercialización del Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en México y el mundo. Monografía. Saltillo, Coahuila. México. p. 64.
- Maghsoodi, V., Yaghmel, S. and Beigi, S. M. (2008). Influence of different nitrogen sources on amount of chitosan production by *Aspergillus niger* in solid state fermentation. *Iran J. Chem. Chem. Eng.* 27: 47-52.

- Mármol zulay.2011.Quitina y Quitosán Polímeros Amigables. Revista Tecnológica URU. pp 57.
- Maruka K. K. 1993. Wrapping material for processed food comprises edible hardly water-soluble coating containing chitosan on wrapping material such as paper or plastic.
- Meister Media Worldwide (2006), Productores de Hortalizas, Guía De Identificación y Manejo [www.hortalizas.com](http://www.hortalizas.com).
- Memoria del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chapingo, México. Pp 20.
- Morato, J.V. y Sánchez, L.A. 1997. Informe del programa de hortalizas. Campo experimental del Valle de Culiacán (CAEVU-CIAS).
- Norkys Meza, Damaso Bautista, 1999, Estimación Del Área Foliar En Plantas Jovenes De Nispero (*Manilkara achras*) Sometidas a Dos Ambientes De Luz, pp 24.
- Nuño Moreno, R., Ponce medina. J.F., Hernández Zavalza, C. y Machain Servin 2007. MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TOMATE ROJO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO PARA EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. Fundación Produce, pp 8.
- Ortega-Ortiz H, A. Benavides-Mendoza, H. Ramírez2, R. Mendoza-Villarreal, J. Hernández-Dávila, V. Robledo-Torres.2003. Respuesta Morfológica y Bioquímica del *Agave Tequilana* (weber) a la Fertilización con Diferentes Balances Na/K y Aplicación de Inductores de Tolerancia. AGROFAZ, pp 1-7
- Pérez Amaro José Alberto, 2004.Analisis De Crecimiento, Área Foliar y Concentración De Nitrógeno En Hojas De Pasto Mulato (*Brachita Híbrido cv.*) *Téc pecu Méx* 42(3):447-458. pp 448.
- Pérez Maldonado, Juana, 2001. Guía Técnica CULTIVO DE Tomate CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL.CENTA pp 10.

- Rabea, E.I., Badawy, MStevens,C V., Smaggehe, Guy. And Steurbaut, W.2003. chitosanan antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*.4, 1457- 1465.
- Rodríguez, F, H; Muñoz I, S; Alcorta G, E. El tomate rojo. 2006. Editorial trillas.
- Rodriguez, R, R, y Medina. 2001. Cultivo Moderno del Tomate, 2da. Edición, Ediciones Mundi-Prensa, pp 15-17.
- Rodríguez–Dimas N, Cano–Ríos P, Favela–Chávez E, Figueroa–Viramontes U, Paul–Álvarez V de P, Palomo–Gil A, Márquez–Hernández C, Moreno–Reséndez A (2007) Estimulantes de crecimiento como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 185–192.
- Rosemary Warnock, Jagger Valenzuela, América Trujillo, Petra Madriz y Margaret Gutiérrez.2006. ÁREA FOLIAR, COMPONENTES DEL ÁREA FOLIAR y RENDIMIENTO DE SEIS GENOTIPOS DE CARAOTA. *Agronomía Trop* 56(1): 21-42. Pp 21.
- Ruiz F J F (1998) La agricultura Convencional Fuente de Contaminación del Suelo y Agua. In: Memorias del III Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal, Mex. 5 al 7 de Noviembre. Consejo Estatal de Promoción Económico de Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica pp 29-30.
- Ruiz, G, R.; 2012: Productividad de Plantas de Tomate Saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill) Var. Don Raul,Tratadas con Tres Niveles de Quitosan, Mediante Dos Métodos de Aplicación. Tesis Ingeniero Agrónomo En Horticultura, UAAAN, pp: 4
- SAGARPA.2010.Monografías De Cultivos, Jitomate. Subsecretaria De Fomento a los Agronegocios.pp 3
- SAGARPA.2008. Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*). En línea:<http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/GuiaHortalizas/tomate.pdf>. Actualización Marzo 2011. Infoagro. 2011. El Cultivo de Tomate.



- Sámamo, G. E. 2003. Estudio Anatómico de Agave Tequilana Weber con Fertilización Na/K y Aplicación de Inductores de Resistencia. Tesis de Ingeniería, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Sánchez D. D., B. Silvia Baños y C. Patricia Ocampo. 2007. Efecto del quitosano en el desarrollo y morfología de *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. *Anales de Biología* 29: 23-32.
- Sánchez Del C. F., 2001. Producción de hortalizas basada en doseles escaleriformes. Sexto Simposium internacional de fertirriego. Morelia, Michoacán.
- Sánchez, L. A. 2003. Comportamiento y caracterización de diferentes genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), extrafirmes de habito indeterminado.
- Sastre Vásquez, Castagnino A.M., Diaz, K y Boubbe C.2000, Estimación Del Área Foliar En Plantines De Tomate, Área De Matemáticas, Facultad De Agronomía .UNCPBA. pp 22.
- Tabares,R,J,M, et al, 2001, Cultivo Moderno del Tomate, 2da. Edición, Ediciones Mundi-Prensa,pp 20-21
- Terrero j. Soler, González G, Boicet T F, Falcón A.2011.Efectos de la Quitosana en Plántulas de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Cultivadas Bajo Cultivos Protegidos. Trabajo de Investigación. Universidad de Granma. Pp 11.
- Ultria Borges, E., Cabrera Rodríguez, J.A., Reynaldo Escobar, I.M., Morales Guevara,D. y Toledo Toledo,E.2008. Utilización Agraria de los biosolidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicom esculentum Mill*).2008. *Revista Chapingo*. Serie Horticultura. 14(1):4-6.
- Vázquez Sastres, P., Castagnino, A.M., Diaz, K. y Boubbé C.2000. ESTIMACIÓN DEL ÁREA FOLIAR EN PLANTINES DE TOMATE Area de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. UNCPBA. Av. Italia 780. Azul (7300). pp 25.

- Víctor Escalona, 2009. MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Facultad Agronómica De Chile, Nodo Hortícola. pp 10
- Villareal, Q. J. A. 2005. Apuntes de la Materia Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Willer H, M Yusseli (2000) Organic agricultura worldwide. IFOAM Disponible en: [http://www.soel.de/ishaalte./publicationnen/s\\_74\\_02.pdf](http://www.soel.de/ishaalte./publicationnen/s_74_02.pdf) . (consultado 15 de febrero de 2006)
- Zhang, D. and Quantick, P.C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 12: 195-202.

## VII. APÉNDICE

**Cuadro 1A.** Análisis de varianza de la variable “Altura de Planta” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	36.2775600	9.0693900	0.82	0.5256
Repetición	7	103.0700375	14.7242911	1.33	0.2754
Error	28	311.0628000	11.1093857		
Total	39	450.4103975			
Media	40.09725				
C.V	8.312477				

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza de la variable “Número de Hojas” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	16.34886000	4.08721500	2.11	0.1059
Repetición	7	7.94360000	1.13480000	0.59	0.7612
Error	28	54.19210000	1.93543214		
Total	39	78.48456000			
Media	9.666000				
C.V	14.39270				

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza de la variable “Diámetro de Tallo” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	2.82181500	0.70545375	1.09	0.3803
Repetición	7	3.94079000	0.56297000	0.87	0.5415
Error	28	18.11038500	0.64679946		
Total	39	24.87299000			
Media	8.284500				
C.V	9.707749				

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza de la variable “Área Foliar” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	29235.00034	7308.75008	1.57	0.2309
Repetición	4	23930.48718	5982.62179	1.28	0.3179
Error	16	74612.2090	4663.2631		
Total	24	127777.6965			
Media	279.0084				
C.V	24.47528				

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza de la variable “Número de Frutos” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	5.72000000	1.43000000	0.80	0.5370
Repetición	7	11.06775000	1.58110714	0.88	0.5334
Error	28	50.21600000	1.79342857		
Total	39	67.00375000			
Media	1.212500				
C.V	110.4486				

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza de la variable “Índice Estomático” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	7	4325.237215	1081.309304	0.73	0.5773
Repetición	4	8301.525138	1185.932163	0.80	0.5912
Error	28	41314.89762	1475.53206		
Total	39	53941.65998			
Media	115.2343				
C.V	33.33441				

**Cuadro 7A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “altura de la planta” de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
<b>Duncan Agrupamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	39.32	1
A	39.71	2
A	41.30	3
A	41.15	4
A	38.99	5

**Cuadro 8A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “número de hojas” de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
<b>Duncan Agrupamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
BC	9.18	1
C	8.88	2
ABC	9.42	3
A	10.49	4
AB	10.34	5

**Cuadro 9A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “diámetro de tallo” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
Duncan Agrupamiento	Medias	Tratamiento
A	8.59	1
A	8.07	2
A	8.35	3
A	8.51	4
A	7.88	5

**Cuadro 10A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “área foliar” de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
Duncan Agrupamiento	Medias	Tratamiento
A	346.12	1
B	262.19	2
B	254.44	3
B	258.20	4
AB	274.10	5

**Cuadro 11A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “número de frutos” de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
Duncan Agrupamiento	Medias	Tratamiento
A	1.20	1
A	0.57	2
A	1.35	3
A	1.75	4
A	1.18	5

**Cuadro 12A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable “Índice estomático” de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) tratadas con quitosán (CS) y complejos de PAA-Quitosán (CPEN).

<b>Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes</b>		
Duncan Agrupamiento	Medias	Tratamiento
A	107.89	1
A	133.10	2
A	121.06	3
A	107.12	4
A	107.00	5