

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y Calidad del Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
Mediante la Aplicación de Quitosán y Complejos de PAA-Quitosán al Sustrato

Por:

**MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LÓPEZ**

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

Producción y Calidad del Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
Mediante la Aplicación de Quitosán y Complejos de PAA-Quitosán al Sustrato

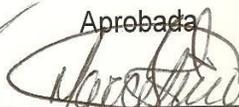
Por:

**MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LÓPEZ**

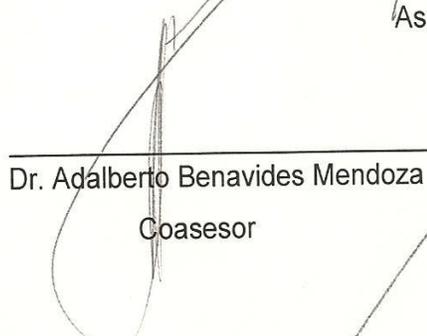
TESIS

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

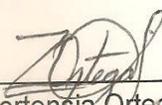
Aprobada



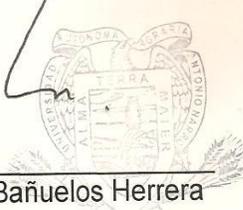
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Asesor Principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Coasesor



Dra. Hortensia Ortega Ortiz  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2014.

## *DEDICATORIA*

A **Dios** agradezco infinitamente por darme la vida, por bendecirme, por guiar mi camino para llegar hasta donde me encuentro, por hacer realidad este sueño anhelado.

A **mi madre Rosalva López Mejía**. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A **mi padre Rigoberto Maximiliano Velázquez Briones**. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A **mis hermanos Yaneth del Carmen Velázquez López y Leiver Daniel Velázquez López**, por formar parte de lo más hermoso que tengo, mi familia, por comprenderme y por todo su amor, por estar siempre presentes en mi vida, por acompañarme y brindarme su apoyo.

A **mi esposa Ana Karen Solares López** por su apoyo incondicional, por confiar en mí pero sobre todo por su cariño y amor.

A **mis abuelos** por todos sus consejos y estar presente en sus oraciones.

Con mucho cariño **a toda mi familia**; que me brindaron su apoyo, cariño, amor y consejos y en los momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante. Hoy se ven culminados nuestros esfuerzos y mis deseos, iniciándose así una etapa en mi vida en la que siempre estarán en mi corazón. Por ello a Dios y a ustedes: ¡gracias!

## *AGRADECIMIENTOS*

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, “mi alma terra mater”, por haberme dado cobijo y por las lecciones que aprendí en ella, así mismo por haberme dado una oportunidad de realizar un sueño muy anhelado, en ella aprendí que el éxito es posible con perseverancia y actitud.

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 **Centro De Investigación En Química Aplicada (CIQA)**: por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo. A mi amigo y compañero Rommel Rodríguez Mendoza por ser parte y colaborador de este trabajo experimental y por brindarme su amistad.

A mi asesor el **Dr. Marcelino Cabrera de La Fuente**: por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por sus conocimientos y apoyo.

A mis coasesores: **Dra. Hortensia Ortega Ortiz, Dr. Adalberto Benavides Mendoza, Ing. Gerardo Rodríguez Galindo** por su colaboración en esta investigación.

A mis profesores quienes me han brindado sus conocimientos, enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos.

En general a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no necesito mencionar porque tanto ellos como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, pero sobre todo cariño y amistad.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Buenavista Saltillo, Coahuila; México, en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) con el propósito de determinar el efecto del Quitosán (CS) y de los complejos de PAA-Quitosán aplicado al sustrato sobre la producción y calidad en tomate bola variedad DRD. Se realizó este experimento, durante el periodo mayo-agosto del 2012. Se evaluaron cinco tratamientos incluyendo el testigo, cada tratamiento con 8 repeticiones. Para este experimento se utilizaron compuestos orgánicos de quitosán de diferente peso molecular: Tratamiento 1: testigo, Tratamiento 2: complejo de poliácido acrílico-Quitosán (CPEN1) con Quitosán de peso molecular viscosimétrico (Mv) de 8000, Tratamiento 3: CPEN2 (CS de Mv=200,000), Tratamiento 4 Quitosán (CS1 con Mv=8000), Tratamiento 5 Quitosán (CS2 con Mv=200,000. Se evaluó altura de planta, número de racimos florales, número de frutos, área foliar, diámetro de tallo, pH, firmeza, contenido de vitamina C y contenido de sólidos solubles (°Brix). La funcionalidad y actividad del quitosán depende de sus características físicas como el peso molecular y la forma de aplicación. La funcionalidad y actividad del quitosán depende de sus características físicas como el peso molecular y la forma de aplicación. La aplicación de quitosán tiene efectos positivos en las plantas de tomate, siendo el tratamiento CS1 Mv=8,000 el que afecta de manera positiva las variables de pH, racimos florales y número de frutos. El área foliar, al igual que los °Brix son afectadas de manera negativa con la aplicación de quitosán al sustrato. La vitamina C responde positivamente a la aplicación de quitosán (CPEN1, CS Mv=8,000). Para el caso de las variables de firmeza, diámetro de tallo y altura de planta no son afectadas por la aplicación de quitosán o de los complejos de PAA-Quitosán.

**Palabras clave:** Quitosán, complejos de quitosán, sustrato, tomate, producción, calidad.

## ÍNDICE GENERAL

<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 APENDICE</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Hipótesis .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Origen.....	3
2.2 Clasificación taxonómica.....	3
2.3 Descripción del cultivo .....	3
2.3.1 Morfología.....	3
2.3.2 Crecimiento determinado.....	3
2.3.3 Tallo.....	4
2.3.4 Flor.....	4
2.3.5 Hojas .....	4
2.3.6 Raíz .....	5
2.3.7 Fruto .....	5
2.3.8 Semilla .....	5
2.4 Requerimiento edafológico .....	5
2.4.1 Temperatura.....	5
2.4.2 Humedad .....	6
2.4.3 Luminosidad.....	6
2.5 Importancia del tomate .....	7
2.6 Funciones de compuestos orgánicos en los cultivos.....	7
2.7 Antecedentes del quitosán.....	8
2.8 Funciones en los cultivo .....	8

2.9 Propiedades del Quitosán .....	8
2.10 Poliácido acrílico.....	9
2.11 Complejos de poliácido acrílico-quitosán (CPEN) .....	9
2.12 Área foliar .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Localización del experimento .....	12
3.2 Material vegetativo .....	12
3.3 Descripción de los tratamientos .....	12
3.4 Siembra.....	13
3.5 Aplicación de los tratamientos.....	13
3.6 Establecimiento del experimento .....	13
3.6.1 Preparación del terreno.....	13
3.6.2 Trasplante.....	13
3.7 Manejo de la planta.....	14
3.7.1 Deshierbe .....	14
3.7.2 Tutorio.....	14
3.7.3 Manejos preventivos.....	14
3.7.4 Riego .....	14
3.7.5 Programa de nutrición .....	14
3.7.6 Control de plagas y enfermedades.....	15
3.7.7 Cosecha.....	15
3.8 Diseño experimental .....	16
3.9 Variables evaluadas.....	16
3.9.1 Altura de planta.....	16
3.9.2 Diámetro de tallo .....	16
3.9.3 Número de racimos florales.....	16
3.9.4 Número de frutos.....	16
3.9.5 Área foliar .....	16
3.9.6 pH .....	17
3.9.7 Vitamina C .....	17
3.9.8 Firmeza .....	18
3.9.9 Grados Brix (°Brix) .....	18

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	19
4.1. Altura de planta.....	19
4.2 Diámetro de tallo.....	20
4.3 Número de racimos florales .....	21
4.4 Número de frutos .....	22
4.5 Área foliar.....	23
4.6 pH del fruto .....	24
4.7 Vitamina C .....	25
4.8 Firmeza .....	26
4.9 Grados Brix (°Brix).....	27
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	29
<b>VII. APÉNDICE</b> .....	33

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Descripción de los tratamientos del experimento	12
<b>Cuadro 2.</b> Programa de nutrición del cultivo	14

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comportamiento de las medias para la variable altura de plantas de tomate (cm) cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	19
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de las medias para la variable diámetro de tallo, en tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	20
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de las medias para la variable racimos florales de planta de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	21
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de las medias para la variable número de frutos de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	22
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de las medias para la variable área foliar de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	23
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de las medias para la variable pH de fruto de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	24
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de las medias para la variable vitamina C de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	25
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de las medias para la variable firmeza en tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA-quitosán aplicados al sustrato.	26

**Figura 9.** Comportamiento de las medias para la variable °Brix de tomate cultivado con quitosán y complejos de PAA- quitosán aplicados al sustrato. 27

### ÍNDICE DE APENDICE

<b>Apéndice 1A.</b> Análisis de varianza de la variable altura de la planta de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	33
<b>Apéndice 2A.</b> Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de plantas de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	33
<b>Apéndice 3A.</b> Análisis de varianza de la variable número de racimos florales de plantas de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	34
<b>Apéndice 4A.</b> Análisis de varianza del variable número de frutos en plantas de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	34
<b>Apéndice 5A.</b> Análisis de varianza de la variable Área Foliar de plantas de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	35
<b>Apéndice 6A.</b> Análisis de varianza de la variable pH de fruto de plantas de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	35
<b>Apéndice 7A.</b> Análisis de varianza de la variable vitamina C de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	36
<b>Apéndice 8A.</b> Análisis de varianza de la variable firmeza de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	36
<b>Apéndice 9A.</b> Análisis de varianza de la variable °Brix de tomate con aplicación de quitosán y complejos de PAA- quitosán.	37
<b>Apéndice 10A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la	

variable altura de planta de tomate.	38
<b>Apéndice 11A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable diámetro de tallo de plantas de tomate.	38
<b>Apéndice 12A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias del variable número de racimos florales de tomate.	39
<b>Apéndice 13A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable Número de frutos de plantas de tomate.	39
<b>Apéndice 14A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable Área foliar de plantas de tomate.	39
<b>Apéndice 15A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable pH de fruto de plantas de tomate.	40
<b>Apéndice 16A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable vitamina c de tomate.	40
<b>Apéndice 17A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable firmeza de tomate.	40
<b>Apéndice 18A.</b> Comparación de rangos múltiples de medias de la variable °Brix de tomate.	41

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate ocupa un lugar importante entre las hortalizas en el mundo. México ocupa el segundo lugar en exportaciones mundiales de tomate. La importancia del tomate mexicano en el mercado estadounidense se relaciona con la cercanía geográfica, competitividad en el precio y calidad, buen sabor, larga vida de anaquel y con el descenso de la producción de esta hortaliza en Estados Unidos en el invierno.

Los compuestos orgánicos son una variedad de productos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo y mejoran su producción en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades e incremento de los rendimientos (Díaz, 1995).

El uso del quitosán en actividades agrícolas es mucho más reciente pero, a pesar de ello, puede considerarse hoy en día abundante y en aumento. La quitina y sus derivados son efectivos en el control de enfermedades y plagas 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 y después de la cosecha.

El trabajo propuesto está orientado a la aplicación de los compuestos orgánicos de Quitosán, en la producción agrícola. Los resultados obtenidos en otros trabajos indican efectos positivos en el crecimiento, rendimiento, composición química, vida de postcosecha, y tolerancia al estrés, etc. De obtenerse resultados positivos se tiene la posibilidad de utilizar los compuestos orgánicos de Quitosán, como medios alternativos y competitivos para optimizar los recursos de las plantas y aumentar el uso de productos eficientes y ecológicos.

### **1.1 Objetivo general**

Identificar el efecto de la aplicación de quitosán y los complejos de PAA-quitosán en la calidad y producción de frutos de tomate.

### **1.2 Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la aplicación de quitosán y los complejos de PAA-quitosán en los parámetros de producción en el cultivo de tomate.

Cuantificar el efecto del quitosán y los complejos de PAA-quitosán en las variables de calidad de frutos de tomate.

### **1.3 Hipótesis**

La aplicación de quitosán y los complejos de PAA-quitosán de diferente peso molecular afectan positivamente y directamente en la producción y calidad de los frutos de tomate.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

El tomate es originario de la región andina, específicamente en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Nuez, 2001). Y posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente (Rodríguez, *et al.* 2001). El nombre de tomate proviene de tomatl, en la lengua náhuatl de México (Nuez, 2001).

### 2.2 Clasificación taxonómica

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicon esculentum* Mill. Potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad (Rodríguez, 2001).

Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares, en adicción al bilocular que podríamos considerar normal. Siguiendo a Hunziker (1979), La taxonomía generalmente aceptada es: Clase *dicotyledoneas*, Orden *solanales* (*personatae*), Familia *solanaceae*, Subfamilia *solanoideae*, Tribu *solaneae*, Género *lycopersicon*, Especie *esculentum* (Nuez, 1995).

### 2.3 Descripción del cultivo

#### 2.3.1 Morfología

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta, y su crecimiento es determinado e indeterminado (Jaramillo, 2007).

#### 2.3.2 Crecimiento determinado

Son plantas arbustivas, con un tamaño de planta definido, donde en cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, tienen períodos restringidos

de floración y cuajado. El tamaño de la planta varía según el cultivar, ya que podemos encontrar plantas compactas, medianas y largas, en donde para las dos últimas clasificaciones, necesitamos poner tutores (Nuño et al., 2007).

### **2.3.3 Tallo**

Consta de un eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el cual se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Toledo, 2003).

### **2.3.4 Flor**

Está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir, con los sépalos soldados entre si y la corola gamopétala. El androceo tiene 5 o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de 2 a 30 carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos por celdas del fruto (Ortiz y Gómez, 2010).

### **2.3.5 Hojas**

Compuesta e imparipinnada, 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. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Comisión Veracruzana, 2010).

### **2.3.6 Raíz**

El sistema radicular del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias. Generalmente se extiende 7 superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanza más de 0.5 m de profundidad; sin embargo, el 70% de las raíces se localizan a menos de 0.20 m de la superficie (Casaca, 2005).

### **2.3.7 Fruto**

Baya biplurilocular o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos a 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Toledo, 2003).

### **2.3.8 Semilla**

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo 2007).

## **2.4 Requerimiento edafológico**

### **2.4.1 Temperatura**

Es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también

originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura, en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Comisión Veracruzana, 2010).

#### **2.4.2 Humedad**

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 60 y un 80%. Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, cara de gato o malformación del fruto y frutos huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse. Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, se reduce la fotosíntesis y se seca el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación (Jaramillo, 2006).

#### **2.4.3 Luminosidad**

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El crecimiento es producido por el proceso de fotosíntesis, el cual se da sólo cuando la luz es absorbida por la clorofila (pigmento verde) en las partes verdes de la planta mayormente ubicadas en las hojas. El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo o la duración del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas; su desarrollo se ve beneficiado con una radiación entre 400 y 700 nanómetros. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo. Por lo que esperaríamos que en nuestro medio, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y formación de frutos por falta de luz (Corpeño, 2004). Su desarrollo es mejor en

suelos francos con buen contenido de materia orgánica, se produce muy bien en suelos pesados hasta suelos arenosos con materia orgánica baja. El pH del suelo es preferible en el rango de 6.0 a 6.5, soporta hasta 4 mmhos/cm (Lardizabal y Cerrato, 2009).

## **2.5 Importancia del tomate**

El tomate está considerado como una de las especies hortícolas más importantes por la superficie sembrada, por su valor comercial y su consumo en fresco o procesado durante todo el año, es una rica fuente de vitaminas y minerales. Para el ciclo otoño – invierno de 2000 – 2001 en nuestro país se sembraron 40,400 ha de la cuales se cosecharon 27,700 ha obteniendo un rendimiento de 30.7 tha-1 (SAGARPA, 2001).

Se considera que su cultivo es una fuente de ocupación de mano de obra, en la que se estima que emplea aproximadamente 172 – 189 trabajadores para el cultivo de 75 mil hectáreas, lo cual representa un 3.3% de la población económicamente activa empleada en el sector agropecuario. Con esto se evidencia la importancia que reviste el cultivo de tomate para la generación de empleo en el mercado rural (Muñoz, *et al.* 1995).

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional. En la temporada 2000-2001, la producción estuvo concentrada en 840 hectáreas, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por hectárea de 30.13 ton, obteniéndose una producción nacional de 25309 ton. Esta cantidad no logra satisfacer la demanda nacional, por lo que se tiene que importar de países como Guatemala y Honduras. En el período 2000-2001 se importaron alrededor de 24,462 toneladas, con un valor de \$7, 643,487 (Pérez, *et al.*)

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

Este compuesto ha demostrado propiedades antifungicas frente a varios hongos (El Ghaouth, *et al.* 1991), barreras estructurales en pimiento (El Ghaouth *et al.*, 1994) y elicitada la producción de fitoalexinas en vainas de guisante (Kendra y Hadwiger, 1984) el recubrimiento de frutos de fresa y tomate

también induce severas reducciones de infección por *Botrytis cinerea* (pers.) cFr. y *rhizopusstolonifer* (Ehrenb) Fr. También reduce la maduración (El Ghaouth, *et al.* 1991) y afecta al metabolismo de algunos hongos (Rddy, *et al.* 1998).

## **2.7 Antecedentes del quitosán**

Los oligómeros de quitosán son polímeros de hasta 20 monosacáridos. La unión tiene lugar mediante enlaces glucosídicos. Los oligómeros de quitosán son aminoazúcares de bajo peso molecular. Estos oligómeros son una mezcla de oligómeros de D-glucosamina con un grado de polimerización de 20.3 y un peso molecular de aproximadamente 2000 Daltons (Park, 2002).

Es un polímero orgánico de alto peso molecular, soluble en ácidos orgánicos (Miranda, *et al.* 2002) biocompatible, biodegradable, de baja toxicidad (Cárdenas, *et al.* 2002), y puede utilizarse como agente antifúngico o bien como conductor de respuestas de defensa de las plantas (Shigmasa, 1995).

## **2.8 Funciones en los cultivos**

El Quitosán llega a los receptores celulares y envía señales del núcleo, señalando respuestas de defensa de la planta, las respuestas de las plantas incluyen: fortalecimiento en la pared celular, producción de enzimas, fitoalexinas y radicales oxidantes que protegen a la célula cuando los hongos patógenos llegan a los focos receptores de las células, evitando que estas penetren las células (Rabea, *et al.* 2003). En la planta produce un mejor desarrollo radicular, mayor crecimiento de la planta, color verde más intenso, reducción de deshidratación post trasplante, (Rabea, *et al.* 2003).

## **2.9 Propiedades del Quitosán**

El quitosán es un polisacárido natural formado por unidades de glucosamina, sustancia no tóxica y biodegradable; que se obtiene por hidrólisis básica de la quitina, es decir ocurre un proceso de desacetilación en presencia de NaOH,

pero el proceso nunca es completo ya que es un copolímero donde el número de unidades de glucosamina y acetil glucosamina puede variar en su composición. La presencia de grupos amino libres hacen que sea muy activa biológicamente, como es el caso de su actividad antimicrobiana. (Shahidi *et al.*, 1999).

### **2.10 Poliácido acrílico**

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.

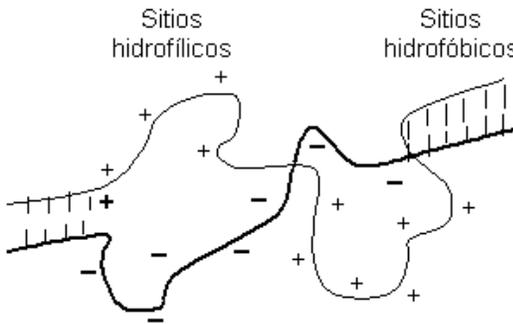
### **2.11 Complejos de poliácido acrílico-quitosán (CPEN)**

Los CPEN son compuestos macromoleculares anfifílicos, ya que contienen sitios hidrofóbicos e hidrofílicos (Kabanov y Zezin, 1984). Por la reversibilidad de la formación de los CPEN, los sitios hidrofóbicos e hidrofílicos son capaces de intercambiar espontáneamente su localización en los CPEN. Estas peculiaridades de la estructura del CPEN proveen una oportunidad única para las interacciones de los CPEN con partículas coloidales y superficies de naturaleza diferente. Debido a tales propiedades, los CPEN se han aplicado como aglomerantes para prevenir la erosión de los suelos por viento y agua (Kabanov *et al.*, 1991).

Diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos de bajo peso molecular presentes en las mezclas originales pueden ser inmovilizados dentro de los CPEN. Bajo ciertas condiciones las sustancias inmovilizadas son liberadas desde los CPEN a una velocidad controlada. Por consiguiente la aglomeración de partículas de suelo por los CPEN puede proporcionar un aumento en la

fertilidad del suelo debido a la introducción de fertilizantes, herbicidas, estimuladores de crecimiento de las plantas, etc. la calidad y las funciones de los aglomerantes CPEN no cambian bajo la influencia de los factores atmosféricos como la humedad, la sequía, las heladas, deshielos o la luz solar (Pergusov, 1996).

Los complejos de poliácido acrílico-quitosán (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).



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

Se encontró adicionalmente un efecto promotor de crecimiento de los complejos de quitosán 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-quitosán (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).

## **2.12 Área foliar**

El concepto de "Índice de Área Foliar" (IAF) o (LAI en la literatura inglesa), que se define como la sumatoria de la superficie de tejidos fotosintéticamente activos (hojas, lígulas, tallos) existentes por unidad de superficie del terreno. A partir de allí numerosos investigadores han puesto de manifiesto la estrecha relación que une al IAF con la productividad de los cultivos. También ha sido grande el esfuerzo desarrollado tratando de simplificar la medición de este parámetro (Francis, 1969; Johnson, 1967; Robinson y Massen Gale, 1967; Wendt, 1967).

### 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 campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicado bajo las siguientes coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm. (Google earth, 2013)

#### 3.2 Material vegetativo

Variedad DRD, tomate tipo bola muy productivo precocidad temprana de tipo determinada. Planta de tipo generativa y de buen vigor. El fruto es oval-redondo, sin hombros verdes y 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.

#### 3.3 Descripción de los tratamientos

Para este experimento se utilizaron compuestos orgánicos de quitosán de diferente peso molecular, los cuales se presentan en el siguiente cuadro.

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

Tratamiento 1	Sin aplicación (testigo)
Tratamiento 2	CPEN1 (PAA-quitosán) CS con Mv=8,000
Tratamiento 3	CPEN2 (PAA-quitosán) CS con Mv=200,000
Tratamiento 4	Cs1 Mv=8,000
Tratamiento 5	Cs2 Mv=200,000

### **3.4 Siembra**

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

### **3.5 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 hizo 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 el 24 de agosto, la quinta y última aplicación se realizó el 7 septiembre del 2012. Se aplicaron 20 mL por planta vía sustrato para 8 repeticiones de cada tratamiento.

### **3.6 Establecimiento del experimento**

#### **3.6.1 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.

#### **3.6.2 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.

### **3.7 Manejo de la planta**

#### **3.7.1 Deshierbe**

Se realizó de forma manual durante el desarrollo y ciclo del cultivo.

#### **3.7.2 Tutoreo**

Esta labor se realizó para que las plantas de tomate tuvieran un buen desarrollo dándoles dirección en su crecimiento de manera que no se fueran hacia los lados y se llevó a cabo a los 60 días después de la siembra con el fin de mantener las plantas en un crecimiento adecuado.

#### **3.7.3 Manejos preventivos**

Se hicieron aplicaciones de fungicidas cada 8 días, alternando mancozeb y tecto 60. Aplicación de insecticidas 3 días después de haber aplicado fungicida alternando abamectina y confidor aplicando vía foliar.

#### **3.7.4 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 aplico diariamente 2000 a 2100 mL/ maceta, se aplicaba esta cantidad si se observaba que lo requería la planta, en caso de que las macetas estuvieran húmedas se les aplicaba una cantidad menor.

#### **3.7.5 Programa de nutrición**

A lo largo del ciclo del cultivo el programa de nutrición consistió en la aplicación diaria de macro y micro elementos de productos de tradecorp el cual se muestra en la tabla siguiente.

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

### 3.7.6 Control de plagas y enfermedades

La plaga que se presento fue Mosca blanca: esta ocurrió durante el transcurso del cultivo. Se controló con productos a base de ingrediente activo: imidacloprid (confidor) abamectina y aplicaciones de extracto de ajo.

La enfermedad que se presento fue Tizón tardío (*Phytophthora infestan*) y esta se controlaron haciendo aplicaciones de productos a base ingredientes activos como: Tiabendazol (Tecto 60) mancozeb (manzate) para controlar un posible contagio de plantas dentro del invernadero.

### 3.7.7 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.

### **3.8 Diseño experimental**

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANVA), donde se evaluó el efecto de los tratamientos. Usando el programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System), posteriormente se realizó la comparación de medias, empleando la prueba de promedios de Duncan al 5%.

### **3.9 Variables evaluadas**

#### **3.9.1 Altura de planta**

Esta variable 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.

#### **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 racimos florales**

Esta variable se determinó a través de un conteo en el momento en que las plantas de tomate empezaron con la floración, igual contando los racimos florales en cada tratamiento.

#### **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**

Para el área foliar se utilizó un medidor de área foliar portable marca LI-COR modelo y se tomaron 3 lecturas por cada planta, para esto únicamente se pasaba el sensor por la hoja y nos daba directamente la lectura en  $\text{cm}^2$ .

### 3.9.6 pH

Para realizar y medir esta variable del pH se utilizaron tiras de papel llamadas indicadores, que varían reversiblemente de color en función del pH del en que están disueltas. Se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel indicador.

### 3.9.7 Vitamina C

El procedimiento para determinar la vitamina C fue el siguiente:

1. Se pesaron 20 g de muestra y se colocaron en un mortero.
2. Se trituro cuidadosamente con 10 mL de HCl al 2%.
3. Se añaden 100 mL de agua destilada y se homogeniza
4. Se filtró el contenido del mortero a través de una gasa, recibir el filtrado en un matraz Erlenmeyer y medir el volumen exacto.
5. Se tomaron 10 ml del filtrado y se pusieron en otro matraz Erlenmeyer.
6. Con la bureta se midió un volumen conocido del reactivo de Thielman.
7. Se tituló la alícuota hasta la aparición de una coloración rosa que no desaparezca durante 30 segundos y se tomó lectura en mililitros gastados del reactivo de Thielman.
8. Se hizo el cálculo de vitamina C, con la siguiente fórmula:

$$vitamina\ C = \frac{VA \times 0.088 \times VT \times 100}{P \times 10ml}$$

Donde:

0.088= miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1ml de reactivo Thielman

VT= Volumen total en ml del filtrado de vitamina C en HCl.

VA= Volumen en ml de la alícuota valorada.

P= Peso de la muestra en gramos.

### **3.9.8 Firmeza**

La firmeza de los frutos, se obtuvo con ayuda de un penetrómetro manual calibrado en el sistema métrico (kg/cm<sup>2</sup>), para esto se utilizó la puntilla de 8 mm se tomaron 2 muestras y se obtuvo el promedio.

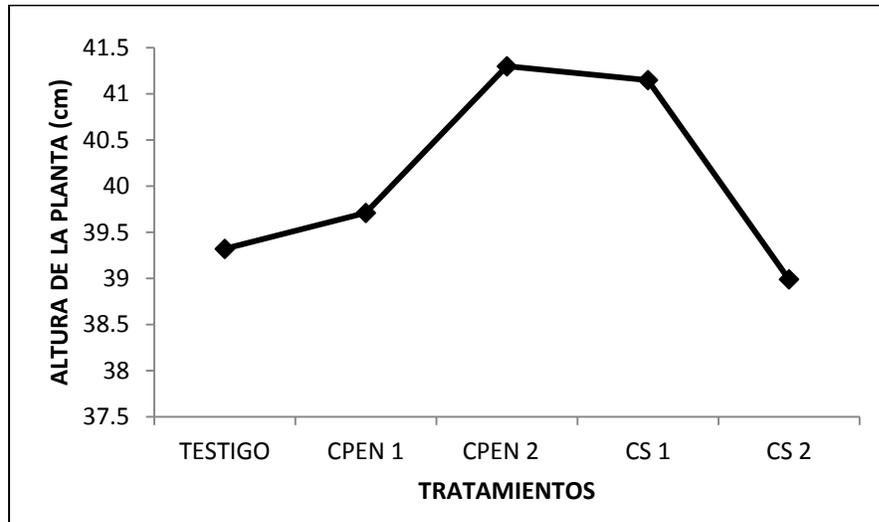
### **3.9.9 Grados Brix (°Brix)**

Para determinar el contenido de sólidos solubles o °Brix se utilizó un instrumento llamado refractómetro marca OPL, para esto únicamente se colocaba una gota lo suficientemente grande para que cubriera el sensor del refractómetro, se cerraba la tapa y se tomaba la lectura mirando por el lente del refractómetro en contra de la luz.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente si fueron diferentes (Figura 1).



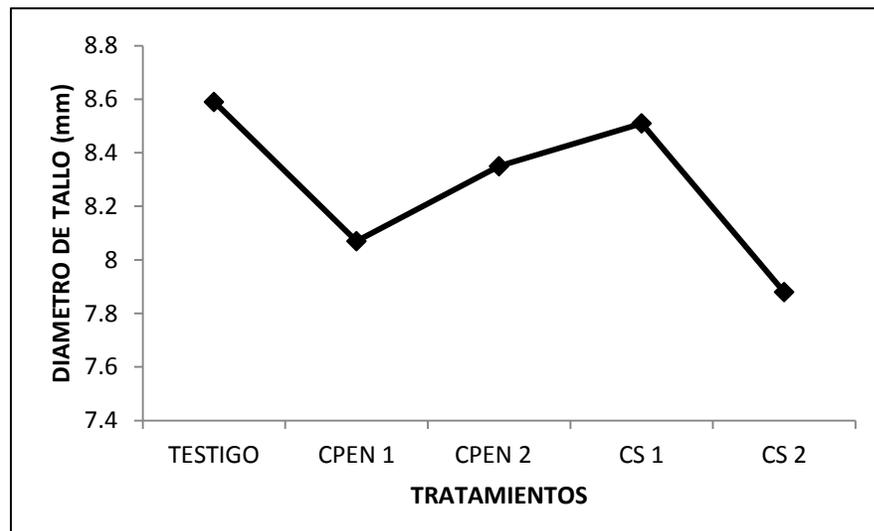
**Figura 1.** Comportamiento para la variable altura de planta de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados en la variable altura de planta bajo diferentes dosis de quitosán, el tratamiento 3 CPEN2 ( $Mv=200,000$ ) con una altura de 41.303 cm es el de mayor crecimiento en comparación con el testigo y el que obtuvo el menor incremento en cuanto altura de la planta fue el tratamiento 5 CS2 ( $Mv=200,000$ ) con una altura de 38.990 cm seguido por el testigo con una altura de 39.324, por lo cual se puede concluir que al aplicar el CPEN2, tuvo un crecimiento positivo en comparación con los otros tratamientos en altura de planta, esto coincide con Bhaskara *et al.*, 1999. Quien menciona en términos generales, la aplicación de quitosán ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las

plantas, tanto en el crecimiento de partes de la planta como raíces, retoños y hojas.

#### 4.2 Diámetro de tallo

Los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente si fueron diferentes (Figura 2).



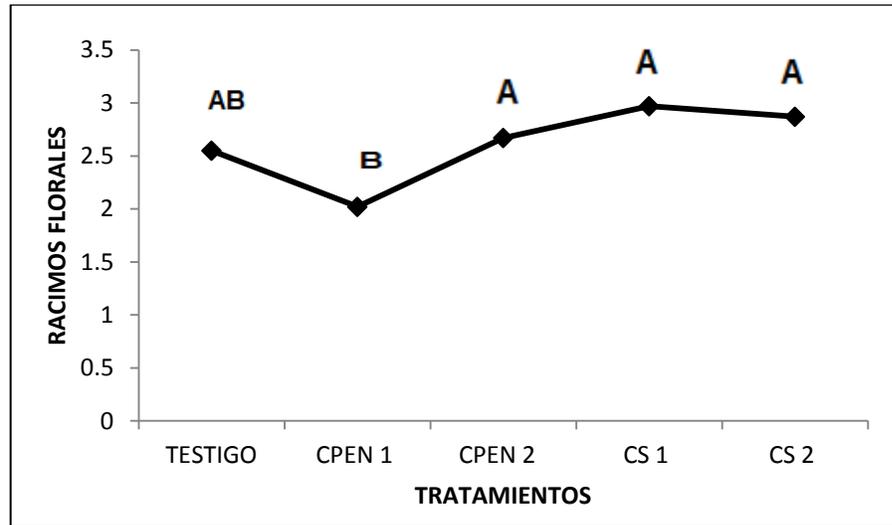
**Figura 2.** Comportamiento para la variable diámetro de tallo (mm), en tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados en la variable diámetro de tallo bajo diferentes dosis de quitosán, mostro un mejor comportamiento el tratamiento 1 que corresponde al testigo con un diámetro de tallo de 8.5913 mm, siendo el tratamiento 5 CS2 (Mv=200,000) con un diámetro de 7.8875 el resultado más bajo en diámetro de tallo, esto coincide con Ramírez (2001) encontró que para el peso fresco aéreo, el testigo fue mayor que los tratamientos con el complejo de poliácido acrílico-quitosán al 1% y 0.1% en tomate, pero sin diferencia significativa entre los tratamientos. En el presente trabajo el CPEN Y CS fueron aplicados al sustrato

cada 15 días. Este resultado indica claramente que la forma de aplicación es importante para determinar el efecto positivo o negativo. Sobre todo debe resaltarse el efecto negativo observado en la etapa vegetativa. Considerando que el CPEN y el CS es un agente señalizador del estrés en las plantas, es posible que la aplicación repetida a las raíces diera lugar a un retraso en el engrosamiento del tallo.

### 4.3 Número de racimos florales

En cuanto a la variable número de racimos florales si se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 3).



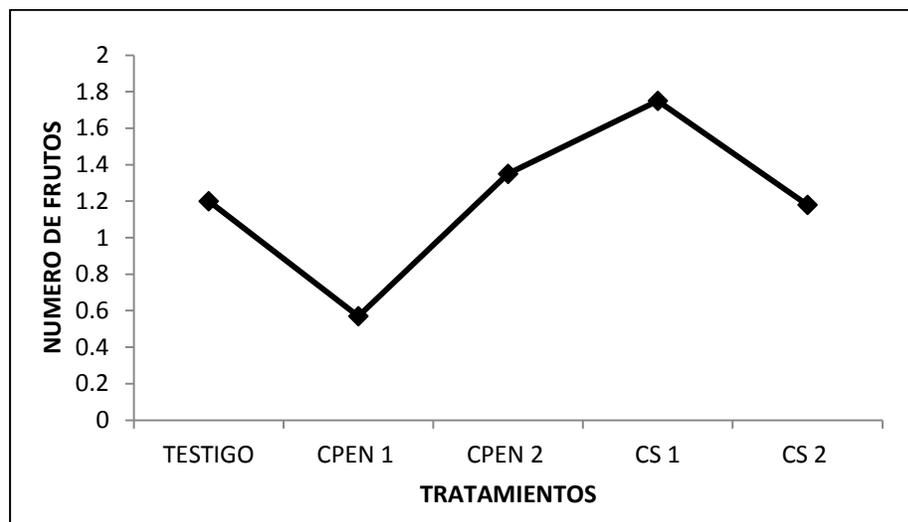
**Figura 3.** Comportamiento para la variable número racimos florales de planta de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados en el variable número de racimos florales bajo diferentes dosis de quitosán, tres tratamientos fueron superiores al testigo. El tratamiento 4 CS1 (Mv=8,000) es el de mayor número de racimos florales 2.9750 en comparación con el tratamiento 1 referente al testigo 2.5250 , siendo el tratamiento 2 CPEN1

(CS Mv=8,000) con un resultado por debajo del testigo 2.0250 Estos resultados confirman los de Hadwiger *et al.* (1984), quienes indujeron con quitosán un mayor rendimiento en cereales y tomate.

#### 4.4 Número de frutos

Los resultados del análisis de varianza para la variable número de frutos no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente si fueron diferentes (Figura 4).



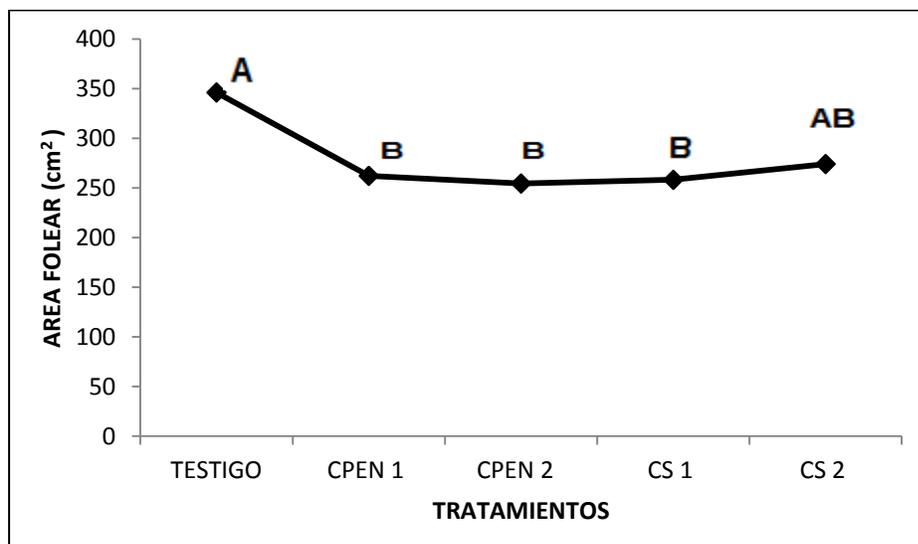
**Figura 4.** Comportamiento para la variable número de frutos de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

En los resultados de la variable número de frutos el tratamiento 4 CS1 (Mv=8,000) fue superior al testigo, sin embargo el que tuvo el valor más bajo es el tratamiento 2 CPEN1 (CS1 Mv=8,000), por debajo del testigo. Esto coincide con Acosta (2005), quien demostró que para el número de fruto por planta en el cultivo del tomate variedad "Vyta", el tratamiento con Bioestimulantes a base de

quitosan, Pectimorf y el Biobras-16 y superó estadísticamente al tratamiento Control.

#### 4.5 Área foliar

En cuanto a la variable área foliar si hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 5).



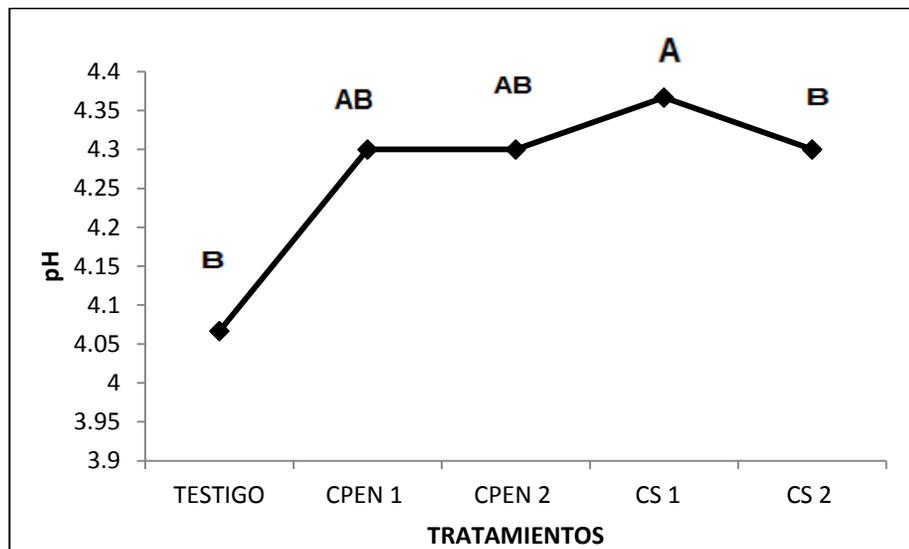
**Figura 5.** Comportamiento para la variable área foliar cm<sup>2</sup> de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

En los resultados para la variable área foliar, el tratamiento 1 que corresponde a testigo supero significativamente a los tratamientos siendo el de mayor resultado con un área de 346.12, seguido por el tratamiento 5 CS2 (Mv=200,000) con un área foliar de 274.10, y siendo el tratamiento 3 CPEN2 (CS Mv=200,000) el de menor resultado con un área foliar de 254.44. Esto no coincide con Bhaskara *et al.*, 1999. Que menciona en términos generales, que la aplicación de quitosán ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las plantas, en el crecimiento de partes de la planta como raíces, retoños y hojas. Considerando que los complejos (CPEN) y el CS es un agente señalizador del

estrés en las plantas, es posible que la aplicación repetida a las raíces diera lugar a un retraso en el crecimiento de las hojas.

#### 4.6 pH del fruto

Los resultados para la variable de pH muestran que si hubo diferencia significativa. Por lo cual muestra la siguiente tendencia (Figura 6).

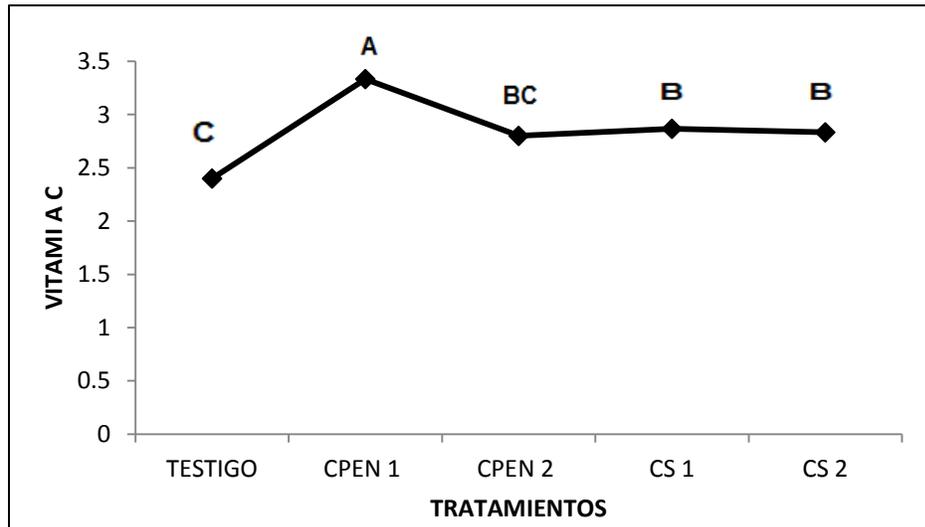


**Figura 6.** Comportamiento para la variable pH de fruto de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados para la variable de pH mostraron que el tratamiento 4 CS1 (CS Mv= 8,000) tuvo un pH más alto seguido por el tratamiento 5 CS2 (Mv= 200,000) seguido por el tratamiento 3 CPEN2 (CS Mv=200,000), sin embargo los resultados arrojaron que el testigo tiene un pH más bajo que los otros tratamientos, coincidiendo de esta manera con Baldwin, *et al.* (1988), menciona que los rangos de pH normales en tomate para tener una buena calidad es de 4 a 5 por lo que los resultados demuestran que los tratamientos están en el rango adecuado.

#### 4.7 Vitamina C

Los resultados para la variable de vitamina c muestran que si hay diferencia significativa entre los tratamientos. Por lo cual muestran las siguientes tendencias (Figura 7).

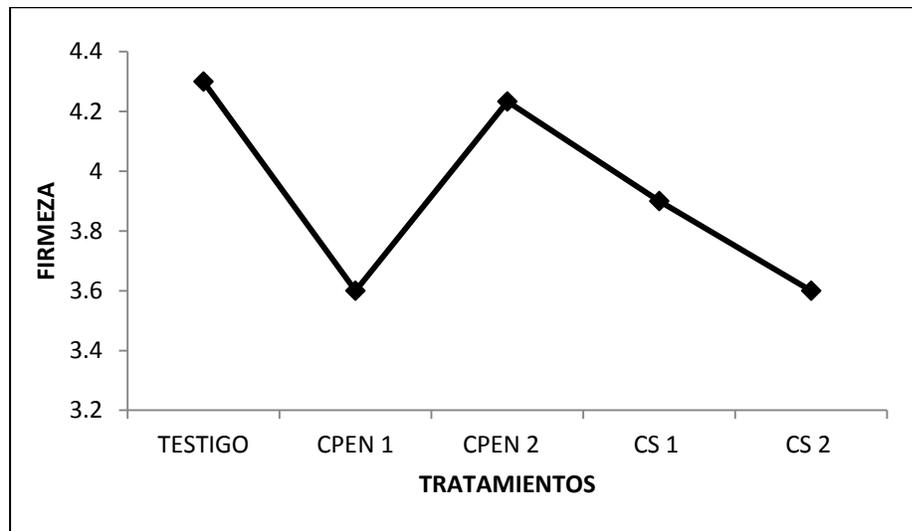


**Figura 7.** Comportamiento de las medias para la variable vitamina C de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

El resultado para vitamina c muestra que los tratamientos son superiores en comparación con el testigo, siendo el tratamiento 2 CPEN 2 con peso molecular de 8000 el que tuvo un contenido mayor con 3.3333 en vitamina C , seguido por el tratamiento 4 CS con peso molecular de 8000, y con un resultado bajo en contenido de vitamina C esta el testigo, Según Liptay *et al* (2006), el contenido promedio de vitamina C en un tomate es de 1.9 mg por cada 100 g de tomate, por lo cual los resultados en contenido de vitamina C no estuvieron dentro del promedio fueron superiores por lo cual se puede decir que se obtuvo un resultado mejor.

#### 4.8 Firmeza

Los resultados del análisis de varianza para la variable firmeza no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente si fueron diferentes (Figura 8).

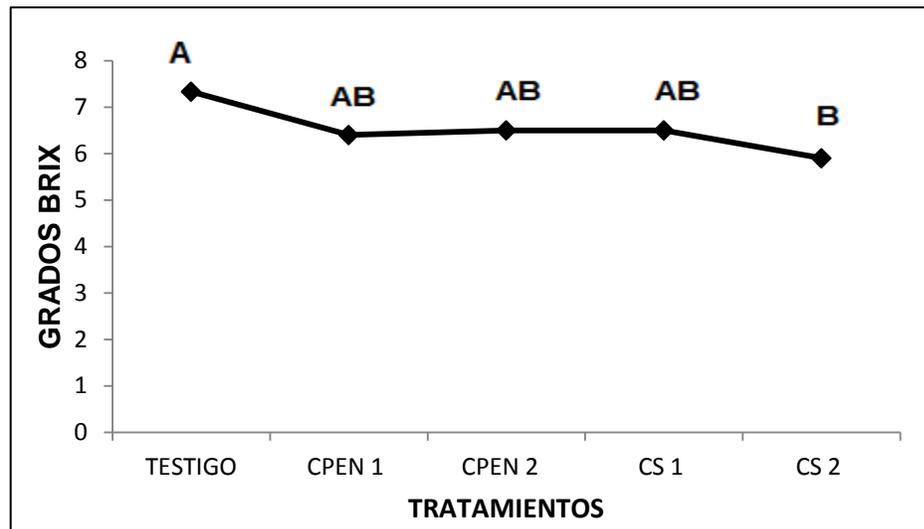


**Figura 8.** Comportamiento para la variable firmeza en tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados de la variable firmeza de tomate muestran que el tratamiento 1 que corresponde al testigo mostro el mejor resultado con una firmeza de 4.3000 kg·cm<sup>2</sup>. Mientras que los tratamientos que mostraron menor firmeza fueron los tratamientos 2 CPEN2 (Mv=8,000) y 5 CS2 (Mv=200,000) con la misma firmeza de 3.6000 kg·cm<sup>2</sup>. Según Cantwel (2004) dice que la mayor resistencia que ha puesto el tomate es de 1.8 kg·cm<sup>2</sup>. Por lo que se observa que los tratamientos se encuentran en un rango muy superior a lo normal esto pudo deberse a que los tomates evaluados tenían un tamaño pequeño.

#### 4.9 Grados Brix (°Brix)

Los resultados para la variable de °Brix muestran que si hay diferencia significativa entre los tratamientos. Por lo cual muestran las siguientes tendencias (Figura 9).



**Figura 9.** Comportamiento para la variable grados Brix de tomate cultivado con quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Los resultados de la variable °Brix muestran que el tratamiento 1 que corresponde al testigo fue el que obtuvo el mejor resultado con 7.3333 ° Brix, mientras que el tratamiento que mostro el valor más bajo fue el tratamiento 5 CS2 (Mv=200,000) con un resultado de 5.9000 °Brix. Aguayo y artes (2004) mencionan que los rangos del tomate en contenido de °Brix son de 4 a 6, por lo tanto los resultados obtenidos muestran que el tratamiento 5 si se encuentra dentro de los rangos mientras los demás tratamientos están muy por encima del rango incluyendo al testigo.

## V. CONCLUSIONES

- La funcionalidad y actividad del quitosán depende de sus características físicas como el peso molecular y la forma de aplicación.
- La aplicación de quitosán tiene efectos positivos en las plantas de tomate, siendo el tratamiento CS Mv=8,000 el que afecta de manera positiva las variables de pH, racimos florales y número de frutos.
- El área foliar, al igual que los °Brix son afectadas de manera negativa con la aplicación de quitosán o de los complejos de PAA-Quitosán al sustrato.
- La vitamina C responde positivamente a la aplicación del complejo CPEN1 (CS Mv=8,000).
- Para el caso de las variables de firmeza, diámetro de tallo y altura de planta no son afectadas por la aplicación de quitosán o de los complejos de PAA-Quitosán.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abd-El-Kareem, F. 2002. Integrated treatments between bioagents and chitosan on root rot diseases of pea plants under field conditions. *Egyptian Journal of Applied Science* 17: 257- 279.
- Abd-El-Kareem, F.; N. S. El-Mougy, N. G. El-Gamaland Y. O. Fotouh.2006.Use of Chitin and Chitosan against Tomato Root Rot Disease under Greenhouse Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2: 147-152.
- 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.
- Aguayo, E. y Artes, F. 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. Compendios de Horticultura. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus. España. Pag 16.
- Allan, C. R. and L. A. Hardwiger. 1979. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. *Experimental Mycology* 3: 285–287.
- Aprovechamiento del Cefalotórax de Langosta. Tecnología Química 1: 54-62.
- Alvarado, J.; M. Arancibia y A. Almeida. 2004. Proyecto: Obtención de quitina, transformación a quitosán y elaboración de películas biodegradables a partir de desperdicios de crustáceos. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Centro de Investigación Científica. Perú. Sitio web:
- Baldwin, E.A., Scott, J.W., Malundo, T.M.M., Shewfelt, R.L. y Tandom, K.S. 1988. Relationship between sensor and instrumental analysis for tomato flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 123 (5): 900-915.
- Barka, E. A.; P. Eullaffroy, C. Climent and G. Vernet.2004. Chitosan improves development, and protects *Vitisvinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports* 22: 608-614.

- Benavides-Mendoza, A., D. Burgos-Limón, H. Ortega, H. Ramírez, 2007. El ácido benzoico y poliácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana* 25(3), 1-8.
- 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.
- Cantwell, M. 2004. Fresh market tomato statewide uniform variety trial report field and postharvest evaluations south Joaquin Valley. UCCE.
- Cardenas, T. G., Sanzana L. J., Innocentini M.L. (2002). Synthesis and characterization- PHB Blends. *Bol. Soc. Chil. Quim.* 47(4). ISSN 0366-1644. pp 529-535
- Casaca, D. 2005. Documento técnico. Guías tecnológicas de frutas y vegetales P. 3.
- Chamarro Lapuerta, J. 1995. Anatomía y Fisiología de la Planta. En: El cultivo del tomate. F. Nuez, ed. Ediciones Mundi-Prensa, España. pp 43-91.
- Comisión Veracruzana, C, A. 2010. Monografía del Tomate. p. 4
- Hadwiger, L .A., B. Fristensky, and R. C. Riggelman. 1984. Chitosan, a natural regulator in plant-fungal pathogen interactions, increases crop yields. pp. 291-302. *In: J. P. Zikakis (ed.). Chitin, chitosan, and related enzymes.* Academic Press. Orlando, FL, USA.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 1999. Cultivo del Tomate. Managua, Nicaragua. Guía Tecnológica No. 22. pp 16-19.
- Jaramillo, N, J., Patricia R, V., Guzmán A, M., Zapata, M, A. 2006. Boletín técnico # 21 El cultivo de tomate bajo invernadero. P, 12.
- Jaramillo, J., rodríguez, V. P., guzmán, M., zapata. M., Rengifo, T.2007.Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas
- Jones, JB, Jones, JP, Stall, RE, Zitter, TA. 1991. Compendium of Tomato Diseases. APS PRESS, St.Paul, Minnesota. pp 3.
- J.N.M Van Haeff 1990.TOMATES. Editorial trillas. México. p 9

- Larzabal, R., Cerrato, C. 2009. Manual de producción de tomate. Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores. Honduras.
- León Gallegos, H. M; el cultivo del tomate para consumo en fresco en el valle de Culiacán, 1980.
- Liptay, A., Papadopoulos, A. P., Bryan, H. y Gull, D. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes. *Journal of food composition and analysis* 19: 11-19.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2000. Propuesta para la Administración y Operación del agromercado de San Martín.
- MAG – DGEA. 2000. Planeación de cultivos hortícolas, basada en la estacionalidad de precios, Ing. Rolando Abelino Alberto Jerez.
- Miranda CP., Damian L.V Galo C.T 2002 permeabilidad de vapor de agua y propiedades mecánicas de aguacate. II simposio iberoamericano de quitina.
- Nuez, F, 1995. El cultivo del tomate. Pp.32-33, 53-55, 60. 2ª edición. Editorial Mundi-Prensa.
- Nuño, M.R., Ponce, M., Hernández, Z., Machain, S. 2007. Manual de producción Tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California. p. 4.
- Ortiz, C, A., Gómez, D, M. 2010. Tesis de licenciatura. Producción orgánica e inorgánica de cuatro líneas de jitomate saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Park P.G., *et al.* 2002. Antimicrobial activity of heterochitosan and their oligosacáridos with different molecular weights. *J. Microbiol Biotechnol.*
- Rabea, E. I., Badawy, MStevens, C V., Smaggehe, Guy, And Stearbaut, W. 2003. Chitosana antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromoleculas* 4, 1457-1465.
- Ramírez V.D. 2001, Evaluación del Complejo Interpolielectrolítico No-estequiométrico (Poliácido acrílico-Quitosa) en tomate (*Lycopersicon*

- esculentum). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN, pp: 24-27
- Rathke, T.D and S.M. Hunson. 1994 Review of chitin as fiber and film formers. *J.M.S.- Rev. macromol. Chem. Phys.* (34: 375 – 437.
- SAGARPA y AMHPAC, 2012. Primer foro nacional de constructores de invernaderos. Disponible en:
- Shanidi, F., Kamil, j., arachchi, v.y Jeon, Y, J- 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Food Sci. Technol.* 10: 37-51.
- Shigmasa Y., S. Miami Biotechnol. 1995. Gen. Eng. Rev.
- Toledo, O, M. 2003. Efecto de Tres Fertilizantes comerciales en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sobre el Rendimiento y calidad de fruto bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- [http://74.220.207.145/~energyfi/data/2011/oct/conalep/recursos/libro/217/compu estos\\_orgnicos.html](http://74.220.207.145/~energyfi/data/2011/oct/conalep/recursos/libro/217/compu%20estos_orgnicos.html) consultado el 1/abril/2013 a las 3: 10 pm
- <http://www.revistadelaofil.org/Articulo.asp?Id=11> investigado 3/abril/2013 a las 4:43 pm
- <http://www.bioline.org.br/pdf?cg03008> consultado el 4/abril/2013 a la 1:43
- <http://fcial.uta.edu.ec/archivos/Quitina.pdf>; consultado 10/abril/2008.
- [http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual\\_del\\_Cutivo\\_de\\_Tomate](http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate):consultado 22/abril/2013 a las 11:00 pm
- <http://importancia.biz/importancia-del-tomate/> consultado 22/abril/2013 a las 10:05 pm.

## VII. APÉNDICE

**Apéndice 1A.** Análisis de varianza de la variable altura de la plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

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				

**Tabla 2A.** Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

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				

**Apéndice 3A.** Análisis de varianza de la variable número de racimos florales de plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA- quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	4.45600000	1.11400000	2.43	0.0709
Repetición	7	1.31100000	0.18728571	0.41	0.8886
Error	28	12.82400000	0.45800000		
Total	39	18.59100000			
Media	2.615000				
C.V	25.87981				

**Apéndice 4A.** Análisis de varianza de la variable numero de frutos en plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA- quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

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				

**Apéndice 5A.** Análisis de varianza de la variable Área Foliar de plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

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				

**Apéndice 6A.** Análisis de varianza de la variable PH de fruto de plantas de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	0.16000000	0.04000000	4.71	0.0301
Repetición	2	0.00533333	0.00266667	0.31	0.7393
Error	8	0.06800000	0.00850000		
Total	14	0.23333333			
Media	4.266667				
C.V	2.160831				

**Apéndice 7A.** Análisis de varianza de la variable vitamina C de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	1.31733333	0.32933333	14.75	0.0009
Repetición	2	0.10133333	0.05066667	2.27	0.1658
Error	8	0.17866667	0.02233333		
Total	14	1.59733333			
Media	2.846667				
C.V	5.249769				

**Apéndice 8A.** Análisis de varianza de la variable firmeza de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	1.34266667	0.33566667	2.06	0.1788
Repetición	2	1.68133333	0.84066667	5.15	0.0365
Error	8	1.30533333	0.16316667		
Total	14	4.32933333			
Media	3.926667				
C.V	10.28707				

**Apéndice 9A.** Análisis de varianza de la variable grados Brix de tomate con aplicación de quitosán (CS) y complejos de PAA-quitosán (CPEN) aplicados al sustrato.

Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	4	3.18266667	0.79566667	4.26	0.0387
Repetición	2	0.03333333	0.01666667	0.09	0.9155
Error	8	1.49333333	0.18666667		
Total	14	4.70933333			
Media	6.526667				
C.V	6.619756				

## Análisis Estadístico de la Prueba de Duncan

**Apéndice 10A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable altura de planta.

<b>Agrupamiento Duncan</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

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 11A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable diámetro de tallo.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	8.59	1
A	8.07	2
A	8.35	3
A	8.51	4
A	7.88	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 12A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable número de racimos florales.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
AB	2.5250	1
B	2.0250	2
A	2.6750	3
A	2.9750	4
A	2.8750	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 13A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable Número de frutos de plantas.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	1.20	1
A	0.57	2
A	1.35	3
A	1.75	4
A	1.18	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 14A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable Área foliar de plantas de tomate.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	346.12	1
B	262.19	2
B	254.44	3
B	258.20	4
AB	274.10	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 15A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable pH de fruto de plantas de tomate.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
B	4.06667	1
AB	4.30000	2
AB	4.30000	3
A	4.36667	4
AB	4.30000	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes<sup>9</sup>

**Apéndice 16A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable vitamina c de tomate.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
C	2.4000	1
A	3.3333	2
BC	2.8000	3
B	2.8667	4
B	2.8333	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 17A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable firmeza de tomate.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	4.30	1
A	3.6000	2
A	4.2333	3
A	3.9000	4
A	3.6000	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

**Apéndice 18A.** Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de la variable °Brix de tomate.

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Medias</b>	<b>Tratamiento</b>
A	7.3333	1
AB	6.4000	2
AB	6.5000	3
AB	6.5000	4
B	5.9000	5

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes