

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Calidad Nutraceútica y Productividad de Tomate Cherry Tratado con Selenio Iónico y Absorbido en Complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico

Por:

**RAYMUNDO ACALCO HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila México

Marzo, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Calidad Nutracéutica y Productividad de Tomate Cherry Tratado con Selenio Iónico y  
Absorbido en Complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico

Por:

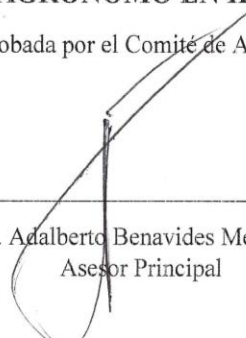
**RAYMUNDO ACALCO HERNÁNDEZ**

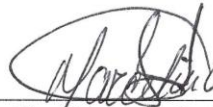
TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**


Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Susana González Morales  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Marzo, 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios**, por acompañarme cada día de mi vida, por bendecirme con una gran familia, gracias a su apoyo hoy se concluye una meta más en la vida.

Eternamente agradecido con mi “**ALMA TERRRA MATER**”, **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por formarme como un profesionalista con sus conocimientos y experiencias vividas en ella, que hoy en día se convierten en la base e impulso en mi trabajo de día a día.

Al **DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**, y cada uno de los maestros y personal que lo conforman, sus enseñanzas y apoyos me permitían cumplir con mis actividades y aprendizaje día a día.

A la **M.C. Paola Catalina Leija Martínez**, por su colaboración, paciencia y desempeño en este proyecto, admirando su gran conocimiento y trabajo.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza**, por su valiosa colaboración en asesoramiento y orientación en la realización de este trabajo, así mismo extendiendo mi agradecimiento a todos los asesores que conforman mi proyecto de tesis.

A la **Dra. Susana González Morales** por su participación y colaboración en este proyecto.

Al **Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente** por su colaboración en la parte experimental y participación en este proyecto.

A **todos los profesores** que participaron en el trayecto de mi preparación profesional, que todos fueron el punto clave y uno de los motivos por haber culminado una etapa más.

A mis padres: **Raymundo Acalco Rosas y María Juliana Cruz Hernández Martínez**, por darme la vida y su apoyo incondicional de cada día, por ser el impulso a realizar mis objetivos, eternamente agradecido.

A mis hermanos: **Marcos Acalco Hernández y Oscar Acalco Hernández**, por sus grandes consejos y apoyo, juntos “los 3 Acalco´s”.

## DEDICATORIA

A **Dios y a la Virgencita de Juquila**, por bendecirme e iluminarme en mí camino.

A mi familia: **ACALCO HERNÁNDEZ**, mis padres **Raymundo Acalco Rosas y María Juliana Cruz Hernández Martínez**, mis hermanos: **Oscar Acalco Hernández y Marcos Acalco Hernández**, ellos el cimiento de lo que hoy he logrado y sin dudarlo lo que venga en el camino, que con su gran esfuerzo haciendo todo lo posible, me permitieron culminar con una meta más, con orgullo comparto de su mano mis logros obtenidos.

A mis abuelos **Alberto Melitón Acalco Flores y Dorotea Rosas Gonzales, Ramon Hernández Guzmán**, que en paz descansen, y **Francisca Hernández Tamariz**, que estuvieran y están a mi lado con sus sabios consejos, bendiciones y apoyo, estando al pendiente de mi estancia en esta universidad y donde quiera que esté.

A todos mis amigos y compañeros, en el andar de la escuela se presentan altas y bajas en las cuales estuvimos para darnos la mano, mi segunda familia, esta etapa culmina, pero su amistad perdura como una gran amistad reviviéndola de recuerdos alegres y por qué no también tristes, pero todos unidos mis esfuerzos, así como mis logros los comparto con ustedes mis hermanos.

A mis amigos y colegas **Norberto Almaguer** como un hermano luchando y compartiendo conocimientos, **José González** mi compadre una gran vivencia y experiencia, **Luis Antonio De La Cruz**, gran amigo entusiasta y buen consejero, **Tsujmejy Gómez y Magda Zúñiga**, grandes risas ánimos, estudios, enojos y más risas, **Marco Tulio**, el joven paisano buen amigo, **Beto, Marroquín, Amando** grandes amistades que llenos de alegría convivimos y nos apoyamos. No podrían faltar mis compañeros UAS, **Xiomara, Nydia, Juanita, Pancho, Julián, Adolfo**, experiencias de conocimiento y diversión “puro Culiacán”. A mis amigos del extranjero **Víctor, Tatiana, Franciele, Leo**, sin duda la Rumba la traen en la sangre, así como las porras y consejos.

A **Ariz**, por su apoyo, consejos y cariño que me impulsa a cumplir metas.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
<b>Objetivo general</b> .....	6
<b>Objetivos específicos</b> .....	6
<b>Hipótesis</b> .....	6
REVISION DE LITERATURA.....	7
<b>Cultivo de tomate</b> .....	7
<b>Descripción botánica</b> .....	7
<b>Origen</b> .....	7
<b>Importancia económica</b> .....	8
<b>Panorama de producción nacional de tomate cherry</b> .....	8
<b>Requerimientos climáticos</b> .....	9
<b>Plagas y enfermedades</b> .....	10
<b>Requerimiento nutricional del cultivo de tomate cherry</b> .....	12
<b>Selenio Se</b> .....	13
<b>Generalidades del Se</b> .....	13
<b>Selenio en las plantas</b> .....	13
<b>Selenio en la salud humana</b> .....	14
<b>Fenoles totales</b> .....	14
<b>Proteínas</b> .....	15
<b>Catalasa</b> .....	15
<b>Glutación peroxidasa</b> .....	15
<b>Glutación</b> .....	16
<b>Licopeno</b> .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
<b>Ubicación del experimento</b> .....	17
<b>Material genético</b> .....	17
<b>Tratamientos y diseño experimental</b> .....	17
<b>Muestreo</b> .....	18

<b>Análisis de datos</b> .....	18
<b>VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD Y PRODUCCIÓN</b> .....	19
<b>VARIABLES DE CALIDAD POSTCOSECHA</b> .....	20
<b>VARIABLES DE CALIDAD NUTRACÉUTICA</b> .....	20
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
<b>VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD Y PRODUCCIÓN</b> .....	24
<b>NÚMERO DE HOJAS</b> .....	24
<b>DIÁMETRO DE TALLO</b> .....	25
<b>BIOMASA</b> .....	26
<b>RENDIMIENTO</b> .....	27
<b>NÚMERO DE FRUTOS</b> .....	28
<b>VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD Y PRODUCCIÓN</b> .....	29
<b>VARIABLES DE CALIDAD POSTCOSECHA</b> .....	31
<b>DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL</b> .....	31
<b>FIRMEZA</b> .....	32
<b>SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES</b> .....	33
<b>CALIDAD POSTCOSECHA DE LOS FRUTOS</b> .....	34
<b>VARIABLES DE CALIDAD NUTRACÉUTICA</b> .....	35
<b>COMPUESTOS FENÓLICOS</b> .....	35
<b>CALIDAD NUTRACÉUTICA DE LOS FRUTOS</b> .....	42
<b>CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>REFERENCIAS</b> .....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Condiciones climáticas para el cultivo de tomate.....	9
2	Roles principales de los nutrientes.....	12
3	Fertilizante requerido por el cultivo de tomate.....	12
4	Solución nutritiva Steiner para el cultivo de tomate cherry.....	17
5	Comparación de medias del grupo de variables de productividad y producción.....	28
6	Comparación de medias del grupo de variables de calidad organoléptica.....	33
7	Comparación de medias del grupo de variables de calidad nutraceuticas.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Producción de tomate rojo por variedad y tecnología...	8
2	Comparación de medias de la variable N°. de hojas...	24
3	Comparación de medias de la variable Diámetro de tallo.....	25
4	Comparación de medias de la variable Biomasa.....	26
5	Comparación de medias de la variable Rendimiento.....	27
6	Comparación de medias de la variable N°. de frutos.....	28
7	Comparación de medias de las variables Diámetro Polar y Ecuatorial.....	31
8	Comparación de medias de la variable Firmeza.....	32
9	Comparación de medias de la variable Solidos Solubles Totales.....	33
10	Comparación de medias de la variable Compuestos Fenólicos.....	35
11	Comparación de medias de la variable Proteínas.....	36
12	Comparación de medias de la variable Catalasa.....	37
13	Comparación de medias de la variable Glutación peroxidasa.....	38
14	Comparación de medias de la variable Glutación.....	39
15	Comparación de medias de la variable Licopeno.....	40



## RESUMEN

El selenio (Se) es considerado un elemento benéfico para los cultivos hortícolas puesto que tiene un efecto sobre su metabolismo redox por medio de la inducción de síntesis de antioxidantes, los cuales al acumularse en los órganos de consumo humano resultan en compuestos nutraceuticos; estos se definen como alimentos con sustancias dietéticas bioactivas que proporcionan beneficios para la salud humana más allá de la provisión de nutrición. En el presente trabajo se realizó la aplicación de selenio en forma iónica y en complejos de quitosán poliácido acrílico (Qs PAA) en plantas de tomate cherry; se analizó el contenido de proteínas, compuestos fenólicos, licopeno, glutatión y antioxidantes enzimáticos como catalasa y glutatión peroxidasa. Se evaluó la productividad del cultivo a través de la cuantificación de biomasa acumulada y rendimiento total. El selenio aplicado en complejos de Qs-PAA indujo la síntesis de antioxidantes en los frutos de tomate cherry. El rendimiento por planta del cultivo de tomate cherry aumentó con la aplicación de selenio incorporado en el complejo de biopolímeros, llegando a obtener hasta 3.57 kg por planta, de igual manera se obtuvo un aumento de hasta 28 % en la cantidad de frutos producidos. Además, se sintetizaron un mayor contenido de sólidos solubles lo cual representa una mejora en la calidad organoléptica. Aplicando Se y complejos de Qs-PAA, se obtuvieron frutos con propiedades nutraceuticas, a través de una mayor síntesis de compuestos fenólicos, licopeno y enzimas antioxidantes.

**Palabras clave:** Selenio, poliácido acrílico, quitosán, tomate cherry, calidad nutraceutica.

## INTRODUCCIÓN

El tomate se encuentra en un dinamismo activo y es el principal producto hortícola mexicano que tiene mayor auge en el mercado exterior; en el año 2015 fue el principal producto de exportación y lo sigue siendo a la fecha con una tasa del 53.3 % exportado de la producción nacional. El resto de la producción es de consumo nacional, presentando precios más variantes debido a las épocas y dificultades de producción que se tienen en diversas temporadas. (FIRA, 2016).

El tomate es una fuente muy nutritiva en el consumo humano por su contenido de fibra, proteína, vitamina C, potasio y licopeno siendo este último un antioxidante de gran importancia para la salud del cuerpo, todas estas características mencionadas se disponen como medida de la calidad nutracéutica del tomate. El licopeno es de gran importancia ya que como antioxidante en el cuerpo ayuda a prevenir y repara células dañadas así mismo contrarresta los radicales libres que inhiben la oxidación del ADN, de esta manera previene algunos tipos de cáncer (Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa., 2005).

El Se es considerado un oligoelemento, esencial en el cuerpo humano, aunque en pequeñas cantidades. Su principal función es la producción de proteínas consideradas enzimas antioxidantes, estas enzimas son capaces de prevenir el daño y deterioro celular. Algunos estudios en la medicina mencionan que el Se también participa en la prevención de diversos tipos de cánceres, enfermedades cardiovasculares, previene efectos tóxicos por metales pesados en el cuerpo, además de estos beneficios puede incrementar la fertilidad masculina. Las principales fuentes naturales donde podemos encontrar Se son en las verduras y vegetales entre las que se encuentra el tomate. Cabe mencionar que la cantidad que pueden llegar a contener va en proporción a la cantidad que este mineral esté presente en el suelo y la capacidad con la que la planta lo pueda asimilar y transportar a sus órganos de interés (Trango, 2015).

En este experimento se trabajó con biopolímeros, bajo el supuesto de que estos encapsularán al selenio, limitando su pérdida por lixiviación, volatilización y complejación con la materia orgánica. Se espera que el selenio sea absorbido y transportado con mayor facilidad por las plantas, estos biopolímeros provienen de

fuentes naturales: origen animal (colágeno/gelatina), agrícola (lípidos y polisacáridos), microbiano (ácido poliláctico PLA), y el utilizado en este experimento es de origen marino (quitina/quitosán). Al utilizar biopolímeros se obtienen ventajas en el transporte de minerales sin alterar el contenido de las plantas debido a una degradación rápida de los biopolímeros (Villada, Acosta, & Velasco, 2007).

La enzima glutatión peroxidasa es fundamental en el organismo humano, ya que una de sus principales funciones es eliminar o inhabilitar el peróxido de hidrogeno. De esta manera impide que las células del cuerpo entren en un estrés oxidativo, por lo que la enzima glutatión peroxidasa se considera un antioxidante de gran importancia. Dicha enzima utiliza el Se como factor para poder desempeñar sus funciones (Gordon C. Mills, 1957). Por lo tanto, el interés de incrementar los niveles de antioxidantes y el contenido nutricional en los frutos de tomate cherry es una parte fundamental para realizar este trabajo de tesis.

El selenio es un elemento esencial para la salud humana, más no para las plantas, por sus beneficios como antioxidante es importante su consumo, así como su incorporación a los vegetales de consumo principal. En este experimento se busca aumentar la calidad nutracéutica y el rendimiento de los frutos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) suministrando el absorbido en biopolímeros (Quitosán Poliácido Acrílico) y selenito de sodio iónico ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ).

### **Objetivo general**

Comparar dos tipos de aplicación de selenio en plantas de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) y estudiar el efecto sobre el vigor, rendimiento y calidad nutracéutica.

### **Objetivos específicos**

- Cuantificar la producción de biomasa y volumen de producción en el ciclo productivo.
- Evaluar la calidad organoléptica de los frutos con relación a su firmeza y contenido de sólidos solubles.
- Determinar la calidad nutracéutica de los frutos a través de la cuantificación de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos.

### **Hipótesis**

La aplicación de selenio absorbido en el complejo de biopolímeros Qs-PAA afecta el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas de *Solanum lycopersicum* L. aumentando su rendimiento y calidad del fruto.

## REVISION DE LITERATURA.

### Cultivo de tomate

#### Descripción botánica

Es una hortaliza herbácea con tallo semileñoso, comprendida en la familia de las solanáceas, está conformado con una raíz pivotante corta de aproximadamente 30cm, con una extensión ramificada de raíces adventicias. Posee hojas con diversos números de foliolos impares y alternos con terminación de un foliolo individual en la parte apical de la hoja, el número de hojas por planta dependerá del hábito de crecimiento de la planta, determinado e indeterminado, así mismo por las temperaturas, en un promedio de 23 °C se forman aproximadamente 2.5 hojas. Tiene flores perfectas, es decir que ambos órganos masculino y femenino son funcionales, una planta de crecimiento indeterminado tiene la capacidad de producir más de 20 inflorescencias en condiciones controladas. Su fruto está compuesto por asta un 95 % de agua y un 5 % restante de tejidos y órganos, a partir del amarre del fruto permanece en un promedio de 60 a 70 días para que este llegue a un grado de madurez apropiado para la cosecha que se requiera o bien el grado de coloración (Hugo *et al.*, 2009).

#### Origen

El origen de *Solanum lycopersicum* se remonta en la zona andina, que consta de Colombia y Chile, posteriormente se extendió al centro de América y México, en causa a los conquistadores europeos fue introducido así mismo a su país, fue domesticado en su totalidad en México, donde forma parte de la alimentación humana consumiendo tomates de diversos tamaños y formas variando así mismo en el color de estos frutos, mientras que en Europa y una gran extensión de España se consideraba como un producto medicinal, al paso del tiempo se tomó como habito alimenticio y se comenzó a introducir en nuevos países como Estados Unidos, Canadá, el Medio Oriente y África (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

### Importancia económica

Según la FAO la hortaliza de mayor importancia por la superficie cultivada y su producción es el tomate, siendo el consumo en fresco e industrial el de mayor importancia. De acuerdo con el SIAP entre el 2005 y 2015 la tasa de crecimiento de producción nacional en México incrementó en un 3.3 %, siendo que del 2012 al 2015 tuvo mayor potencial de desarrollo por el hecho que la producción incrementada fue en agricultura protegida con un enfoque a la infraestructura de alta tecnología.

### Panorama de producción nacional de tomate cherry

La producción de tomate saladette en el último trimestre representa el 79.9% del total de la producción en México, el tomate bola 16.5% y el tomate cherry el 3.6%. El 76.9% de la producción total de tomate cherry, se obtiene en condiciones de agricultura protegida y el 23.1% a cielo abierto. Los principales estados productores de tomate cherry son: Jalisco (30.8 % del total nacional de esta variedad), Durango (21.3%) y Guanajuato (17.5%).

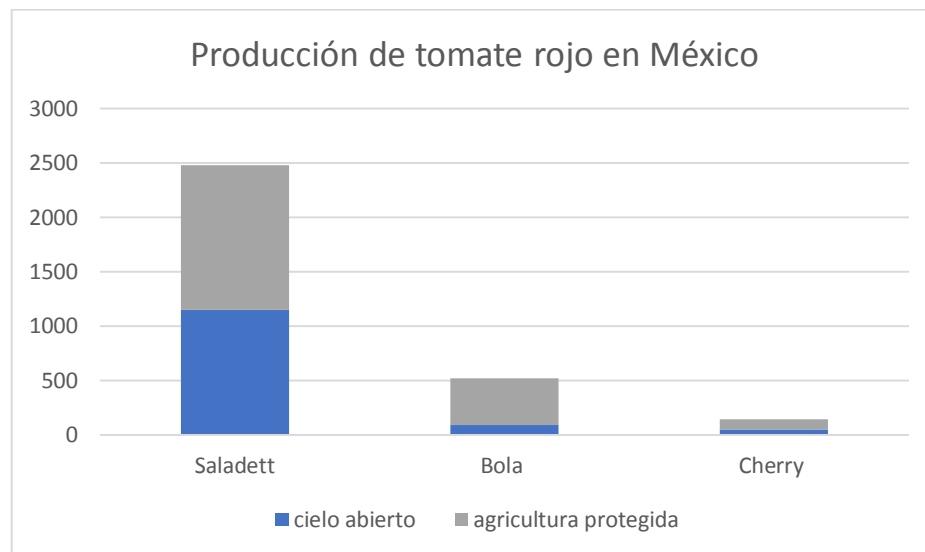


Figura 1. Producción de tomate rojo por variedad y tecnología (miles de toneladas) FIRA (2016).

Por su parte, el precio del tomate cherry registró un precio promedio nacional al productor de 13,244 pesos por tonelada. El estado de Sonora registra rendimientos en tomate cherry de 130 toneladas por hectárea, estableciendo el cultivo en verano (agosto).

### Requerimientos climáticos

**Suelo:** por la rusticidad del cultivo de tomate, suele ser poco exigente con el suelo, sin embargo, se tienen mejores desarrollos en suelos arcillosos y bien drenados con el fin de evitar la proliferación de enfermedades, próximo a establecer el cultivo es conveniente preparar 40 cm de profundidad del suelo para el desarrollo óptimo de la raíz.

**Clima:** Si se tienen temperaturas extremas mayores o menores a las óptimas suceden malformaciones en frutos, problemas en la floración (mal desarrollo de órganos reproductivos), la tasa de crecimiento se detiene, los órganos y metabolismos detienen su actividad.

**Tabla 1: condiciones climáticas para el cultivo de tomate.**

Daño por heladas		-2 °C.
Detiene su desarrollo		10–12 °C
Desarrollo normal de la planta		18–25 °C
Mayor desarrollo de la planta		21–24 °C
Germinación óptima		25–30 °C
Temperaturas Óptimas		
Desarrollo	Diurna	23–26 °C
	Nocturna	13–16 °C
Floración	Diurna	23–26 °C
	Nocturna	15–18 °C
Maduración		15–22 °C

**Humedad Relativa:** Se requiere que oscile entre un 60 y 70 % para tener un ambiente favorable, de lo contrario un exceso nos traería como consecuencias proliferación de hongos, y una humedad deficiente nos descompensaría la planta con una deshidratación lo que haría difícil en un momento dado de producción de calidad.

**Luminosidad:** para un crecimiento vegetativo constante la planta de tomate requiere con un mínimo de 6 horas de luz al día, de esta manera conlleva a una adecuada floración, un exceso de intensidad lumínica directa la planta solo absorberá la necesaria,

pero podría afectar con golpes de calor al fruto lo que presentaría mala apariencia con una maduración des uniforme (Instituto de Desarrollo Agropecuario & Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2017).

### **Plagas y enfermedades**

Áfidos: se consideran como pulgones, los penetran en las hojas tiernas de la planta succionando la sabia, dejándolas arrugadas y enrolladas hacia el envés de la hoja.

Paratrioza: en el estado adulto se considera raspador - chupador que principalmente se identifica como psilido, de importancia por el daño que causa transmitiendo virus de fitoplasmosis.

Araña roja: estos ácaros son capaces de penetrar las hojas y succionar la sabia por el envés, una alta población de estos ácaros comienza tornando las hojas a un color amarillo, posteriormente la seca y puede llegar a defoliar las plantas en poco tiempo, sus condiciones de reproducción son una alta temperatura y humedad relativa baja.

Mosca blanca: se tiene en una consideración de importancia esta plaga por el daño que provoca en el cultivo, ya que por su fácil reproducción los estadios ninfales succionan sabia de las hojas mientras de los adultos portan virus (Tomato Yellow Leaf Curl Virus, TYLCV) que afectan fuertemente al cultivo.

Mínador de la hoja: el adulto es una mosca, pone sus huevecillos insertándolos en las hojas, al cambiar de estadio la larva se alimenta de los tejidos de las hojas entre el as y el envés formando pequeñas galerías que reducen la tasa fotosintética.

Cáncer bacteriano: enfermedad que tiene una movilidad acelerada, infectando hojas, provoca una marchites apical y marcas en los frutos, al poco tiempo acaba con la vida de la planta, es de suma importancia realizar monitoreos constantes, en caso de encontrar plantas infestadas, supervisar con atención el área.

Antracnosis: ataca directamente a los frutos, se considera más una enfermedad de post-cosecha manifestando lesiones hundidas y necróticas, sus condiciones óptimas para su proliferación es la humedad y calor elevado.



Cenicilla polvorienta: también conocido como oídium, sus colonias de conidióforos son capaces de salir por los estomas estableciéndose en climas cálidos, donde se encuentre la infección desecara la hoja y con una población más grande llega a secar gran parte foliar de la planta.

*Fusarium*: considerada una de las principales enfermedades por su fuerte incidencia penetrando en la base del tallo afectando sistemas basculares, provocando una estrangulación que conlleva a una marchites, pudiendo acabar completamente con la planta.

Tizón tardío: es causado por *Phytophthora*, que se origina a causa de lluvias o goteras que acaban con hojas y tallo matando la pared estructural del tallo y se introduce en el sistema vascular de las plantas logrando obstruir el flujo de sabia.

Tizón temprano: es causado por *Phytophthora*, identificándose en hojas viejas de forma circular, aparece y se disemina con temperaturas bajas y humedades relativas elevadas, el problema causante es la reducción del área fotosintética (Productores de hortalizas, 2006).

## Requerimiento nutricional del cultivo de tomate cherry

Tabla 2: Roles principales de los nutrientes

Nutriente	Símbolo	Papel principal
<b>Nitrógeno</b>	N	Síntesis de clorofila y proteína. (Crecimiento y rendimiento).
<b>Fósforo</b>	P	División de la célula y transferencia de energía.
<b>Potasio</b>	K	Transporte de azúcar. Regulación del régimen de humedad.
<b>Calcio</b>	Ca	Calidad de almacenamiento y menor susceptibilidad a enfermedades
<b>Azufre</b>	S	Síntesis de aminoácidos esenciales: cisteína y metionina.
<b>Magnesio</b>	Mg	Parte central de la molécula de clorofila
<b>Hierro</b>	Fe	Síntesis de clorofila
<b>Manganeso</b>	Mn	Requerido para la fotosíntesis
<b>Boro</b>	Bo	Para la formación de la pared celular (pectina y lignina). Para el metabolismo y transporte de azúcar.
<b>Zinc</b>	Zn	Crecimiento y desarrollo temprano.
<b>Cobre</b>	Cu	Influye en el metabolismo de hidratos de carbono y del nitrógeno
<b>Molibdeno</b>	Mo	Componente de las enzimas Nitro-reductasa

(Berrios *et al.*, 2007).

Tabla 3: Fertilizante requerido por el cultivo de tomate

Etapa	Días después de la siembra / trasplante	kg/ha/día					kg/ha/etapa					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
<b>Siembra</b>	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	
<b>Vegetativo</b>	2 a 15	0.57	0.14	0.93	0.07	0	8	2	13	1	0	
<b>Floración</b>	16 a 30	0.6	0.13	0.93	0.07	0.07	9	2	14	1	1	
<b>Amarre</b>	31 a 40	0.6	0.2	0.9	0.1	0	6	2	9	1	0	
<b>Crecimiento</b>	41 a 60	1.2	0.3	1.9	0.1	0.05	24	6	38	2	1	
<b>1ª cosecha</b>	61 a 65	1.2	0.4	1.8	0.2	0	6	2	9	1	0	
<b>Cosecha</b>	66 a 120	2.36	0.65	3.78	0.24	0.15	130	36	208	13	8	
<b>Cosecha</b>	121 a 170	1.78	0.48	2.84	0.18	0.1	89	24	142	9	5	
<b>cosecha</b>	171 a 210	1.78	0.48	2.85	0.18	0.1	71	19	114	7	4	
							Total	344	93	548	35	19

(Haifa, 2014)

## **Selenio Se**

### **Generalidades del Se**

El Se se considera como un micro mineral, disponible como selenito y selenato, también se manifiesta mediante aminoácidos selenio-cisteína y selenio metionina. El Se se encuentra en cantidades variables en el suelo de 0.1 a 0.2 ppm en cada kilogramo de corteza terrestre, hace asociación en presencia de azufre elemental, en este caso se presenta en una menor cantidad (Daniela, Arboleda, 2012). Su entrada a la atmosfera o bien al aire libre se lleva a cabo cuando se realiza la quema de carbón o petróleo, de la misma manera con el desgaste de las rocas (erosión), la fijación del selenio en el suelo y en el aire puede ser aprovechada para el consumo por animales y en la absorción de las plantas. Posee diversas características químicas como insolubilidad en agua y alcohol, pero soluble en éter, es capaz de convertir la luz en la electricidad, posee electronegatividad (2,-4) y en sus propiedades físicas podemos destacar su punto de ebullición a los 685 °C (Fernandez *et al.* 2007).

### **Selenio en las plantas**

Las plantas pueden absorber el Se que se encuentra disponible en el suelo, así mismo se le puede proporcionar mediante aminoácidos en forma de selenometonina y selenocisteina, su absorción también dependerá de las condiciones climáticas en las que la planta se encuentre (humedad, temperatura y tipo de suelo), su pH, capacidad redox y la existencia de micorrizas en el suelo (Germ & Stibilj, 2007). Con bajas cantidades de Se en el suelo teniendo temperaturas de 20 °C se aumenta la absorción de este elemento mientras que por debajo de los 15 °C la absorción baja. El Selenio ayuda a estimular la producción de moléculas y enzimas glutatión peroxidasa (GPX), glutatión (GSH), flavonoides, carotenos y catalasa (CAT). Como resultado ayuda a sobrellevar el estrés oxidativo de las plantas (Feng, Wei, & Tu, 2013). El contenido de reacciones con oxígeno en plantas, es producto del metabolismo de las células por un proceso oxidativo, por lo que el objetivo de los antioxidantes (moléculas enzimáticas y no enzimáticas) implicadas en el ROS, son importantes para preservar la estructura celular, neutralizando las reacciones con oxígeno (Foyer & Noctor, 2012). Los antioxidantes defensivos incluyen enzimas como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), y el glutatión peroxidasa (GPX). El Se está asociado con el metabolismo antioxidante como cofactor

con un papel de selenoenzimas. Otras funciones que tiene el Se en las plantas, es protegerla de condiciones severas abióticas (sequia, frio, salinidad, calor UV-B) y bióticas (plagas y enfermedades), que también pueden provocar un estrés oxidativo.

### **Selenio en la salud humana**

El Se es uno de los elementos indispensables para los organismos humanos, aunque su deficiencia no es notable, si reduce la calidad de vida por influir en los mecanismos de deterioro por el estrés, están involucrados diversos aspectos de la salud en el consumo de Se tales como el funcionamiento del sistema inmune (reducción de la virulencia y la progresión de enfermedades virales, hepatitis B y C, virus de la gripe y VIH), ayuda en la fertilidad masculina (aumenta la movilidad de espermatozoide y síntesis de testosterona), y tiene efecto en la función reproductiva (prevención del aborto), contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Jaffé, 1992; Rayman, 2000)

### **Fenoles totales**

Los fenoles ejercen una fuerza antioxidante, actuando como captadores de radicales libres (neutralizándolos), especies reactivas con oxígeno o metálicos, en la mayoría de las ocasiones se encuentra acompañado de un ácido orgánico, una azúcar o bien en conjunto para formar un polímero. Existe un interés por los compuestos fenólicos debido a que tiene beneficiosos efectos contra ciertos tipos de canceres y desordenes cardiacos que se derivan de su poderosa actividad antioxidante (García, 2009).

Los flavonoides son uno de los grandes grupos de fenoles junto con los ácidos fenólicos, están compuestos por grupos de hidroxilos designados como A, B Y C. Dependiendo de su grado de oxidación se pueden subdividir en flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanos y antocianinas (Porrás & López-Malo, 2009).

Los flavonoides actúan como defensa para las plantas de agentes agresores externos, como la radiación UV, microorganismos, animales herbívoros, pero así mismo tienen la característica de indicador para insectos que la planta puede ser apropiada para su consumo, ovoposición o bien para la polinización de sus flores (Garcia Nava, 2005).

## **Proteínas**

Las proteínas representan hasta un 50 % del peso seco de la célula, desde la germinación hasta la reproducción, en las etapas de plantas cultivables son de suma importancia para su desarrollo y crecimiento. Las proteínas participan como macromoléculas que son involucradas en la catálisis de reacciones bioquímicas (donde participan las enzimas), el transporte de estas enzimas, tiene una actividad fundamental en la estructura celular, así como su capacidad de generar energía (Ismael Hernández *et al.*, 2011). En comparación a los animales las plantas poseen bajo nivel de proteínas, esto se debe a que los carbohidratos estructurales (celulosa) componen la mayor parte de la planta. Una proteína se forma gracias a una serie de aminoácidos mediante enlaces químicos. Las proteínas pueden determinar la estructura de la célula, de esta manera dirige procesos vitales en los seres vivos, así mismo las proteínas tienen la funcionalidad de defender agentes externos, defendiendo la estructura e integridad de la célula, regulando funciones y reparando posibles daños que haya sufrido (Luque Guillen, 2011).

## **Catalasa**

Hay reacciones químicas en la célula que no se podrían realizar sin presencia de enzimas un ejemplo de ello es la catalasa, sin ella no se podría descomponer el peróxido de hidrogeno (Diaz, 2003). Una enzima se puede usar repetidamente, inclusive puede catalizar miles de reacciones en un segundo, la única manera en que la enzima ya no pueda trabajar, es que le ocurra una desnaturalización, esto pasa cuando el medio de la enzima llega a ser muy ácido o bien muy básico, de esta forma ya no hace su función apropiada (Amat *et al.*, 2010).

## **Glutación peroxidasa**

Es una enzima que participa neutralizando especies reactivas de oxígeno, catalizando la reducción del peróxido o lipoperoxidos, tiene un valor importante por su presencia en todos los órganos y tejidos. Como parte protectora del organismo evita la oxidación de los lipoperoxidos reduciéndolos en presencia de glutación. Se encuentra unida covalentemente a un átomo de Se unido a un residuo de cisteína (Prego *et al.*, 1996).

## **Glutación**

Este antioxidante tiene acción sobre la salud humana actuando como un fortalecedor del sistema inmune, hay tres procesos químicos de importancia en el glutación como antioxidante, inmuno-estimulante y detoxificante (Gutman, 2013). La producción de glutación reducido respecto al glutación oxidado dentro de las células, se utiliza como una medida ante la toxicidad celular. Por esto, se infiere que funciona como antioxidante a su vez protegiendo a las células de toxinas como radicales libres. El glutación puede ser sintetizado a partir de aminoácidos (L-cisteína, L-glutamato y glicina), esto con gasto de ATP (adenosín trifosfato) (Perez., 2007).

## **Licopeno**

El licopeno se encuentra naturalmente en frutos con una coloración roja o incluso naranja, son unas de las principales fuentes donde se puede sintetizar, ayudan a las plantas de tal forma que las protege contra la fotosensibilización, el licopeno se encuentra en mayor cantidad en el tomate, se puede considerar su calidad en alto contenido de licopeno por su coloración, el tomate es considerado uno de los principales productos agrícolas para el consumo humano por su importancia de contenido de carotenoides en un 80 % o 90 % de su coloración pertenece a la composición de carotenos llegando a contener de 3g a 5g por cada 100 g de material crudo (Waliszewski & Blasco, 2010).

En los humanos, la principal función del licopeno es reforzar y reactivar el sistema inmunológico, reduce la síntesis de colesterol, reduce la presión sanguínea y además posee funciones antioxidantes, antibacterianas, antivirales así mismo contrarrestando radicales libres que puedan causar diversos padecimientos o tipos de cáncer (siendo el más principal cáncer de próstata), por esto es importante considerar el consumo de este producto de forma preventiva, estudios han comprobado que se tiene un mayor beneficio (Fernandez *et al.*, 2007).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (Saltillo Coahuila), en el departamento de Horticultura, se realizó en condiciones climáticas controladas en un invernadero de mediana tecnología con cubierta de polietileno a un 70 % de irradiación natural, perteneciente al departamento, a una temperatura promedio de 32 °C y una humedad relativa entre 50 % y 60 %.

### Material genético

Se trabajó con tomate (*Solanum lycopersicum* L. Var. Felicity) cherry híbrido indeterminado, para cosechar de manera individual, de alto rendimiento adecuado para cultivar en invernadero, la siembra de tomate Cherry F1-Felicity se realizó en charolas germinadoras de doscientas cavidades el día 10 de abril de 2017, con sustrato peatt moss y perlita en proporción 1:1, con la misma proporción se llenaron cien macetas de 10 L para el establecimiento del experimento. El trasplante se llevó a cabo el 19 de mayo de 2017, cuando las plantas presentaban de 2 a 3 hojas verdaderas.

### Tratamientos y diseño experimental

Se estableció un sistema de riego por goteo localizado, utilizando como fuente un tinaco de capacidad de 1100 L. en el cual se suministró el riego con la solución nutritiva Steiner (tabla 2), se comenzó el riego previo al trasplante incluyendo solución nutritiva al 25 % posteriormente a las dos semanas después del trasplante se incrementó al 50 % de la solución nutritiva y al 75 % en fructificación.

**Tabla 4: solución nutritiva Steiner para cultivo de tomate Cherry**

Solución nutritiva Steiner para 1000L de agua				
MACROELEMENTOS	100 %	75 %	50 %	25 %
Ca(NO <sub>3</sub> ) 4H <sub>2</sub> O	1060 g	795 g	530 g	265 g
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	487 g	365.25 g	243.5 g	121.75 g
KNO <sub>3</sub>	71 g	53.25 g	35.5 g	17.75 g
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	347 g	260.25 g	175.5 g	86.75 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	211 g	158.25 g	105.5 g	52.75 g
MICROELEMENTOS				
Ultrasol	50 g	37.5 g	25 g	12.5 g
Boro	4.1 g	3.08 g	2.05 g	1.03 g

El manejo agronómico para las plantas se realizó de la manera convencional que se lleva a cabo en la producción regional, dejando a un tallo con tutoreo individual apoyado con clips para el soporte de la planta enrollando en un solo sentido, al tiempo de tutorar se realizaba el desbrote, el deshoje se realizaba semanalmente siendo el primero el día 4 de julio de 2017 quitando de dos a tres hojas por panta, la cosecha se realizó de manera individual a un grado de cosecha 5 y 6 USDA, (2005). Se realizaron (a los 28 y 35 días después del trasplante) dos aplicaciones de insecticidas Abamix, i.a.: abamectina (dosis de 1 ml/L) y Engeo, i.a.: Tiametoxam + lambdacihalotrina (1.25 ml/L) utilizando 3 y 4 litros por aplicación.

Los tratamientos se aplicaron semanalmente posterior al último riego del día (18 horas) directamente al sustrato de forma manual, colocando 20 mL por planta, respectivamente de cada tratamiento.

- Testigo: plantas sin tratamiento
- $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ : selenito de sodio a una concentración de 5 ml  $\text{L}^{-1}$
- Qs-PAA+Se: Quitosán - Poliácido Acrílico + Selenio a una concentración de 5 ml  $\text{L}^{-1}$
- Qs-PAA: Quitosán - Poliácido Acrílico a una concentración de 5 ml  $\text{L}^{-1}$

### **Muestreo**

Se llevó a cabo un muestreo destructivo a los 120 días del trasplante (DDT), para determinar las variables que considera esta investigación, durante el ciclo del cultivo se realizaron 5 cortes de frutos para determinar el rendimiento por planta, y analizar sus características.

### **Análisis de datos**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar; para el análisis de datos se realizó un ANOVA y una comparación de medias LSD  $\alpha=0.05$ , con el programa *InfoStat*.



## **Variables de productividad y producción**

### **Número de hojas**

Se realizó el conteo de hojas hasta la etapa donde se despuntó la planta (eliminación del meristemo apical), considerando hojas completamente desarrolladas, llevando un conteo control de los deshojes por cada tratamiento.

### **Diámetro de tallo**

Se tomaron lecturas del grosor del tallo en el muestreo destructivo con un vernier electrónico (*Autotec*®, modelo *caliper digital* con una capacidad de 150 mm), tomando la medida en la parte inferior de la primera hoja de la planta.

### **Biomasa**

Las muestras obtenidas se colocaron en bolsas de papel para su deshidratación en horno de secado, cinco plantas de cada tratamiento incluyendo al testigo, donde permanecieron en un promedio de 48 horas a 80 °C para su deshidratación, posteriormente se cuantificó el peso seco total de cada planta en una balanza analítica (OHAUS).

### **Rendimiento**

Se realizaron cinco cortes durante el ciclo del cultivo, cosechándolos en un estado de madurez de consumo en color #6 en escala USDA (USDA, 2005) de cada planta. Registrando los datos en kilogramos (Kg) por planta de cada tratamiento.

### **Número de frutos**

Al mismo tiempo de realizar la cosecha se registró el número de frutos por planta de cada tratamiento.

## **Variables de calidad organoléptica**

### **Diámetro polar y ecuatorial**

De los frutos cosechados se les tomo la medida del diámetro polar y ecuatorial, con un vernier digital (*Autotec*®, modelo *caliper digital* con una capacidad de 150 mm) registrando uno a uno de los frutos por tratamiento, reportando los resultados en milímetros (mm).

### **Firmeza**

Se tomaron los frutos previamente identificados en un estado de madurez de consumo en color #6 en escala USDA (2005), y se midió su firmeza con un penetrómetro marca QA FT327, con una puntilla de 8 mm, tomando firmemente el fruto e introduciendo la puntilla, con un solo impacto hasta la marca delimitante de la puntilla, reportando los resultados en  $\text{Kg cm}^{-2}$ .

### **Tasa de Sólidos Solubles**

Se perforó el fruto estratégicamente de tal forma, para obtener gotas de jugo y colocar en el refractómetro manual (ATTAGO 0-32%). Previamente se calibró, al momento de colocar la muestra y cerrar el prisma se cercioro cubrió con ella toda la superficie. Se observó en la mirilla y se tomó lectura, reportando los resultados en °Brix.

## **Variables de calidad Nutracéutica**

Para la cuantificación de las variables de calidad nutracéutico, las muestras inmediatamente después de ser colectadas se colocaron en congelación a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se liofilizaron en un equipo marca *LABCONCO*® *Freezone 2.5 plus* durante 48 horas con una temperatura de  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 0.110 mbar de vacío.

### **Fenoles**

En la extracción de compuestos fenólicos se tomaron 200 mg de muestra ya liofilizada y macerada en tubos de 2 mL, posteriormente se agregó 1 mL de agua-acetona en proporción 1:1, se centrifugó a 10000 rpm, a  $4^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos. Posteriormente se obtuvo el sobrenadante en un tubo nuevo. Se tomaron 50  $\mu\text{L}$  del sobrenadante y se añadieron 200  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin-Ciocalteu 1 M, 500  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20 % y 5 ml de agua destilada, esta mezcla se dejó a reposar a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos. La mezcla fue leída en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm, registrando los

resultados en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Se utilizó un blanco considerando el mismo procedimiento sin agregar la muestra Atindana *et al.*, (2012).

### **Extracción de proteínas**

Se pulverizó la muestra de tejido liofilizado y se tomaron de 150 a 200 mg, se les agregó el equivalente al 10 % del peso de la muestra de polivinilpirrolidona (PVP). Posteriormente se agregó 1.5 mL de buffer de fosfatos con un pH de 7 – 7.2 y se homogenizó en vórtex durante 20 segundos. Posteriormente se centrifugó a 10,000 rpm a 4 °C durante 10 minutos. Se tomó el sobrenadante y a partir del extracto obtenido se cuantificaron las proteínas totales, catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión.

### **Proteínas**

Se utilizó la técnica de espectrofotometría de Bradford (Bradford, 1976), para cuantificación de proteínas. Se colocaron 100  $\mu\text{L}$  del sobrenadante en un tubo de ensayo, posteriormente se agregaron 5 mL de reactivo Bradford (azul brillante de Coomassie G-250 de *Sigma Aldrich*® solución previamente preparada con 100 mg de reactivo diluido en 50 mL de etanol, agregando 100 mL de ácido sulfúrico al 85 % p/v aforando esta solución a 1 L con agua destilada). Después de 5 minutos se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 594 nm; los resultados se extrapolaron con una curva de calibración preparada previamente con albumina sérica bovina obteniendo los resultados en  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Bradford, (1976).

### **Catalasa (CAT)**

La actividad de la enzima catalasa se cuantificó con un método espectrofotométrico. Se realizó una mezcla con 100  $\mu\text{L}$  de extracto proteico y 1 mL de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 100 mM preparado con buffer de fosfatos de pH 7 – 7.2 y 400  $\mu\text{L}$  de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 5 % para desnaturalizar la enzima y así detener la reacción, se llevó a cabo en una agitación a una temperatura de 24 °C. Se midió la absorbancia a una longitud de onda de 270 nm y se registró como el tiempo cero de la reacción (T0). Posteriormente se hizo la mezcla del extracto proteico y el  $\text{H}_2\text{O}_2$  con buffer, y se dejó en

agitación a temperatura de 24 °C durante 1 min y se agregó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 5 % para detener la actividad enzimática, se leyó de nuevo la absorbancia a 270 nm y se registró como el tiempo 1 (T1). Para este análisis se realizó un blanco distinto para cada muestra, constituido por 100 µL de extracto proteico, 1 mL de buffer de fosfatos y 400 µL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Los resultados se reportaron en unidades, las cuales fueron expresados en mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consumido por minuto por miligramo de tejido fresco por miligramo de proteína (Cansev *et al.*, 2011).

### **Glutación peroxidasa (GPX)**

Se realizó mediante el método de XUE *et al.*, (2001) usando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como sustrato. Se colocaron 0.2 mL del extracto de biomoléculas en un tubo de ensaye, se añadieron 0.4 mL de glutación reducido 0.1 M y 0.2 mL de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.067 M. Esta mezcla fue precalentada en baño de agua a 25 °C por 5 minutos, posteriormente se le agregaron 0.2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.3 mM para iniciar la reacción catalítica. Se dejó reaccionar por 10 min y la reacción fue detenida mediante la adición de 1 mL de ácido tricloroacético al 1 %. Esta mezcla de reacción se colocó en baño de hielo por 30 min. Enseguida la mezcla se centrifugó a 3,000 rpm por 10 min. Se tomaron 0.48 mL del sobrenadante y se colocaron un tubo de ensaye, se le agregaron 2.2 mL de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.32 M y 0.32 mL de una solución 1 mM del colorante ácido 5,5 ditio-bis-2-nitro benzoico (DTNB). Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm. Las unidades de la actividad (UI) fueron expresadas en mM de glutación reducido por minuto por miligramo de tejido por miligramos de proteína (Tailin Xue, 2001).

### **Glutación (GSH)**

El glutación fue cuantificado con el extracto de proteínas, siguiendo la técnica espectrofotométrica establecida por XUE *et al.*, 2001 mediante la reacción con ácido 5,5 ditio-bis-2 nitro benzoico (DTNB). En un tubo para centrífuga se colocaron 0.48 mL del

extracto y se le agregaron 2.2 mL de fosfato dibásico de sodio ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.32 M) más 0.32 mL del colorante DTNB 1 mM. Se mezcló y se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm. Las unidades fueron reportadas en mg/L (Tailin Xue, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables de Productividad y Producción

#### Número de hojas

Con respecto a la variable del número de hojas por planta, no existió diferencia significativa entre tratamientos como se observa en la Figura 2.

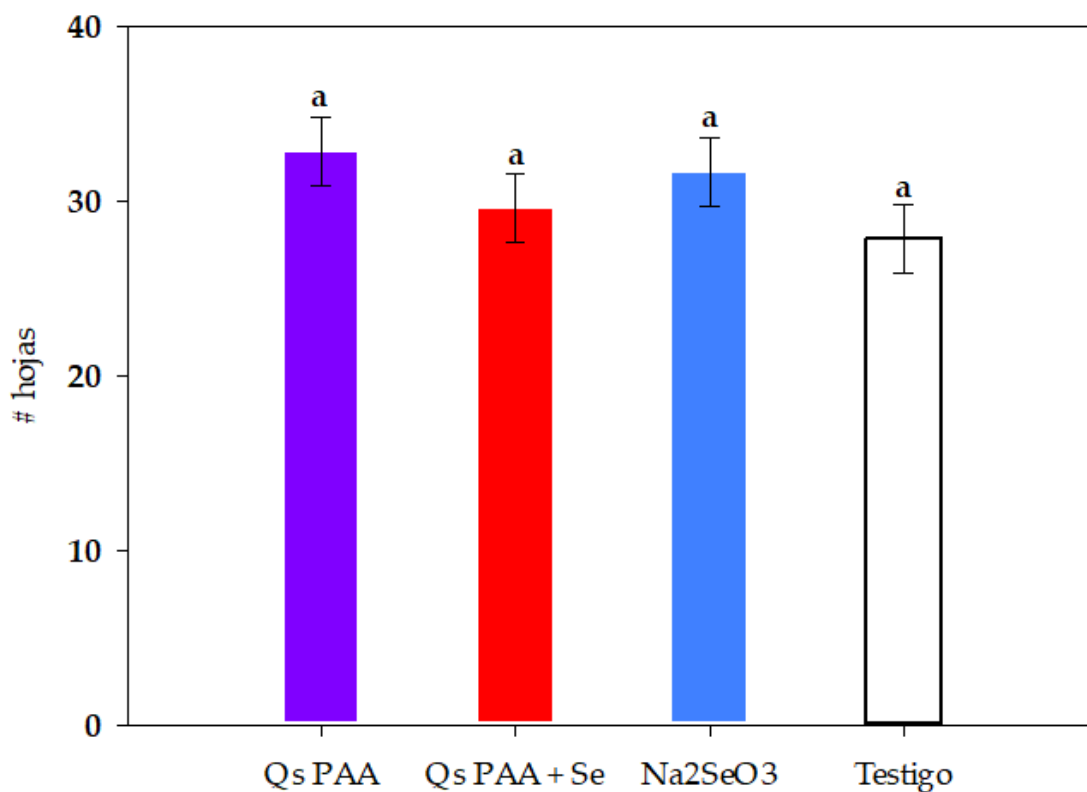


Figura 2. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable número de hojas. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### Diámetro de tallo

En la variable de diámetro de tallo el análisis estadístico indicó que hay una diferencia significativa entre los tratamientos; como se observa en la Figura 3, el tratamiento de quitosán – poliácido acrílico (40.6 %) y el de quitosán-poliácido acrílico + selenio (33.9 %) fueron superiores con respecto al testigo.

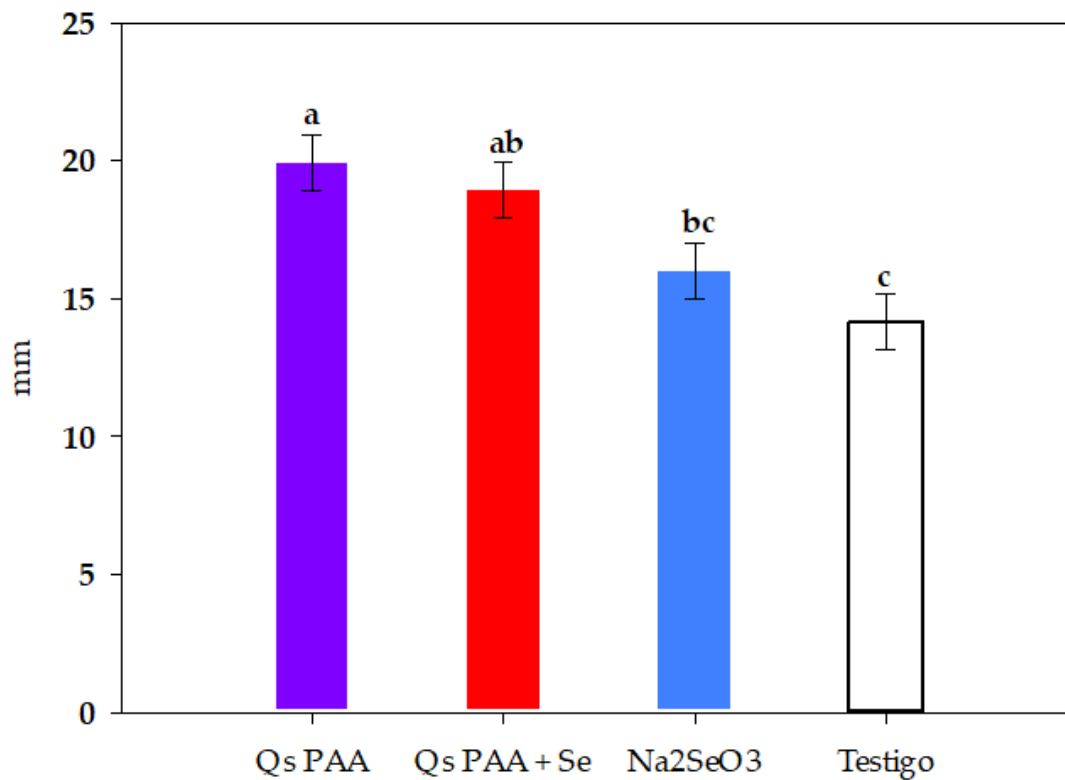


Figura 3. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable diámetro de tallo. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

## Biomasa

Respecto a esta variable los tratamientos no marcaron ninguna diferencia con respecto a la biomasa.

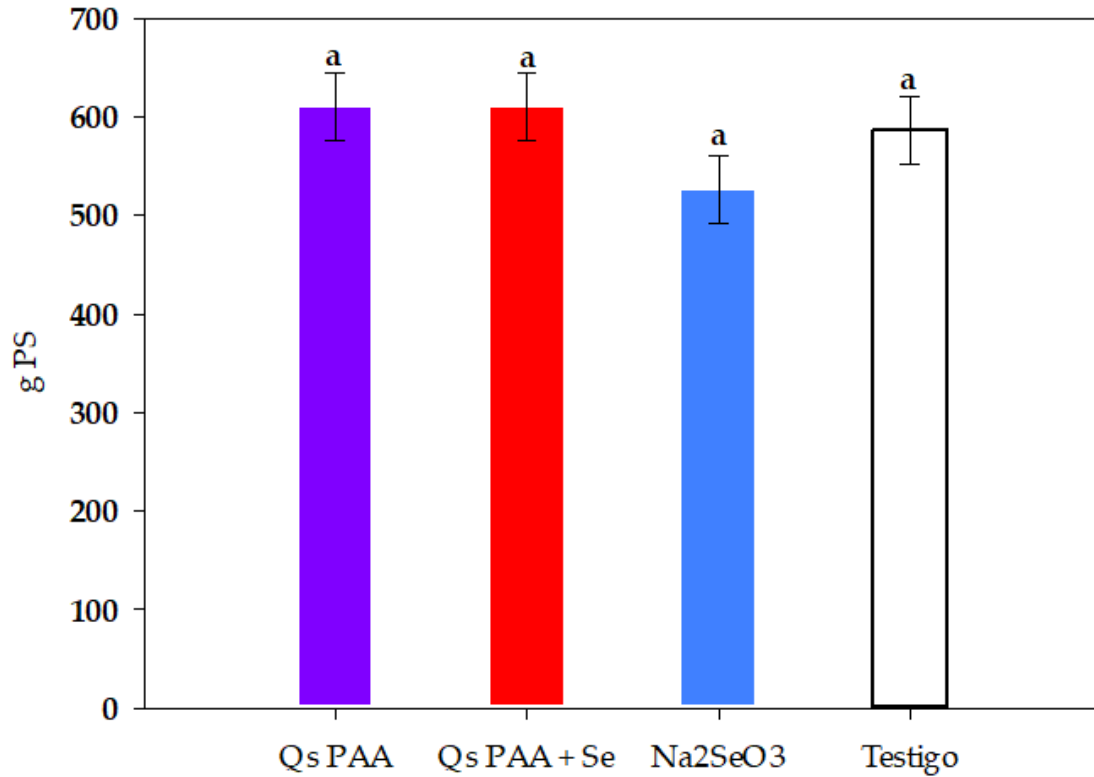


Figura 4. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable biomasa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



## Rendimiento

En cuanto a rendimiento el tratamiento de Quitosán - Poliácido Acrílico + Selenio, mostró un valor superior del 33.58 % frente al testigo (Figura 5).

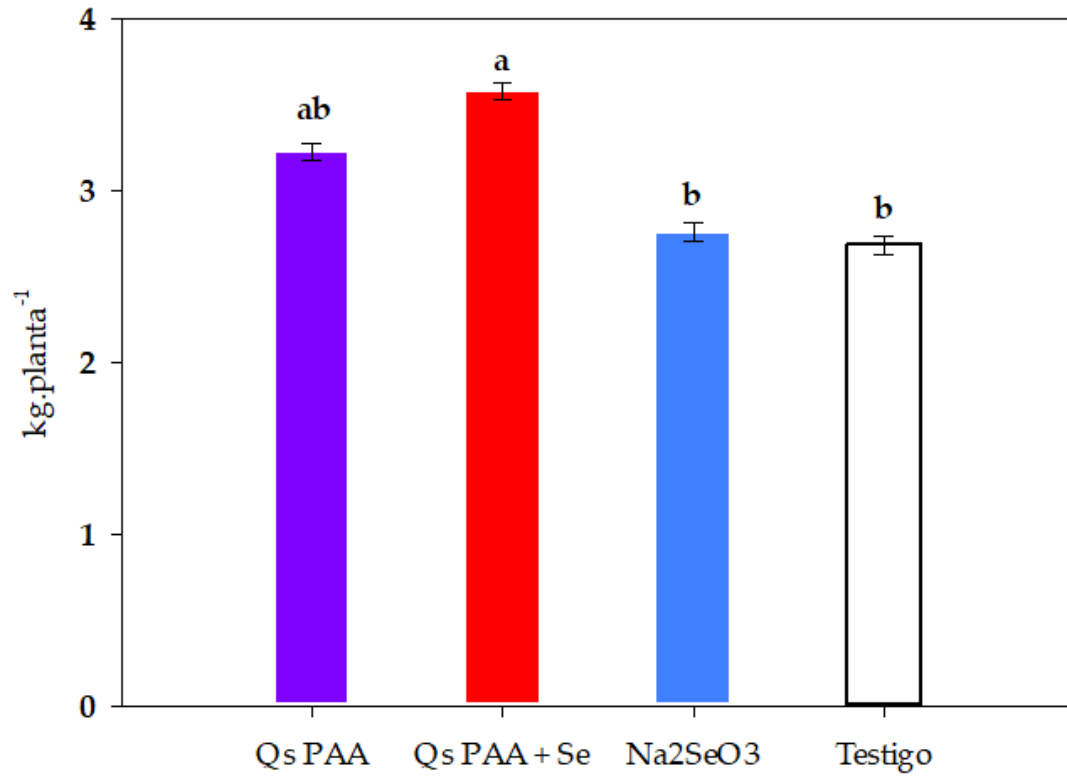


Figura 5. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable rendimiento. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

## Número de Frutos

Como se observa en la Figura 5, el número de frutos incrementó 41.8 % con el tratamiento de Quitosán - Poliácido Acrílico + Selenio el cual tuvo una diferencia significativa ante el testigo.

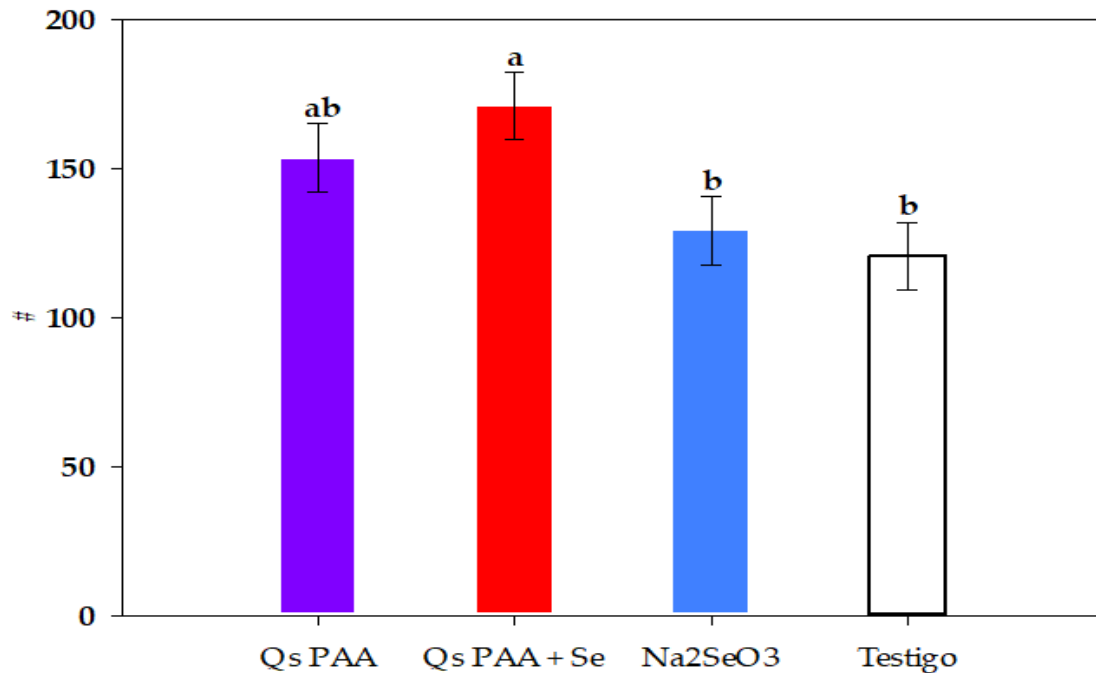


Figura 6. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable número de frutos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 5 (comparación de medias del grupo de variables de productividad y producción):** comparación de medias LSD. De los tratamientos en las variables de productividad y producción: Numero de hojas; DT: diámetro de tallo; Biomasa; Rendimiento y Numero de frutos. Valores con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

TRATAMIENTOS	N.º HOJAS	D T (mm)	BIOMASA (g)	RENDIMIENTO (kg.planta <sup>-1</sup> )	N.º FRUTOS (#)
Qs - PAA	32.80 a	19.92 a	609.73 a	3.22 ab	153.40 ab
Qs - PAA + Se	29.60 a	18.96 ab	610.24 a	3.58 a	170.80 a
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	31.60 a	16.01 bc	526.46 a	2.76 b	129.00 b

<b>TESTIGO</b>	27.80 a	14.16 c	586.02 a	2.68 b	120.40 b
----------------	---------	---------	----------	--------	----------

### **Variables de productividad y producción**

En cuanto a la productividad y producción, el hecho de que no se haya obtenido diferencia entre los tratamientos sobre la biomasa total es un indicio de que las concentraciones de 5 ml L<sup>-1</sup> de selenito así como el uso del complejo de biopolímeros no causó fitotoxicidad, esto coincide con los resultados obtenidos por (Becvort-Azurra. *et al.*, 2012) quienes trabajaron concentraciones de 10 y 20 mg L<sup>-1</sup> de Se de sodio aplicado de forma directa en el sustrato y foliar. Puesto que se mantuvo una biomasa uniforme, se pueden notar otros aspectos en el comportamiento de los tratamientos aplicados, es decir que un incremento de biomasa se atribuye a la acumulación de minerales y fotoasimilados al incrementar el área foliar (Rivero *et al.*, 2003), esto nos indica de cierta manera que todas las plantas recibieron la misma cantidad de fotoasimilados y tuvieron la misma capacidad de absorción de minerales por lo que nos permite analizar de manera más exacta, confiable y precisa la influencia de los tratamientos en otras variables, tales como el rendimiento. El rendimiento es un parámetro de suma importancia desde el punto de vista comercial; se obtuvieron buenos resultados aplicando el Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> y el Qs-PAA por si solos no superaron al testigo, sin embargo, al ser combinados como Qs-PAA + Se se logró obtener un mayor rendimiento por planta, con un rendimiento de 105.18Ton/ha, o bien 3.57 kg planta<sup>-1</sup>, esto en una densidad de 2.94 plantas m<sup>-2</sup>. Comparado con un experimento de (Mazuela *et al.*, 2010) donde realizaron pruebas de comparación de dos invernaderos de baja y alta tecnología, con respecto a la producción de Tomate cherry a una densidad de plantación de 2.22 plantas m<sup>-2</sup>, obtuvieron en ambos tratamientos el mismo rendimiento de (3.79 kg m<sup>-2</sup> en alta tecnología y 3.24 kg m<sup>-2</sup> en baja tecnología), con las diferencias de una mayor calidad organoléptica de frutos en el invernadero de alta tecnología. También Abad *et al.*, (2010) demuestran la producción de 7 distintas variedades de tomate cherry, cosechando en racimo obtuvieron rendimientos considerando la mejor variedad fueron de 16 kg.m<sup>-2</sup> con la variedad CLX 37318 de la empresa semillera Clause, con una densidad de plantación de 3.1 plantas m<sup>-2</sup>.

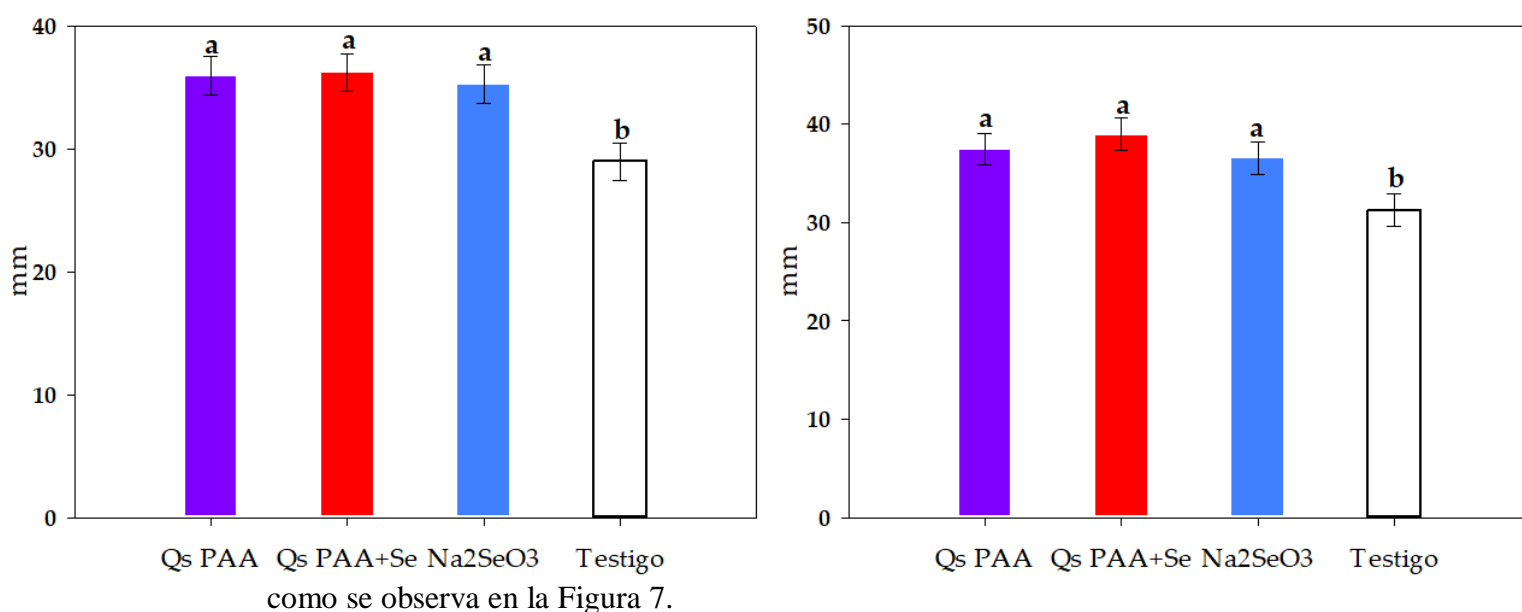
Con respecto al diámetro del tallo las plantas tratadas con Qs-PAA tuvieron un mayor valor, seguido del tratamiento de Qs-PAA+Se, esto nos dice que la aplicación de

complejos de biopolímeros confiere mayor vigor a los tallos lo cual resulta benéfico durante el ciclo de cultivo puesto que, teniendo tallos vigorosos se facilitan diversas labores y manejo del cultivo; al momento de un tutoreo se vuelve más resistente al manejo sobre todo en ciclos largos donde se tiene que realizar un bajado de planta. De igual manera, un mayor grosor en los tallos confiere a las plantas resistencia mecánica hacia el ataque de insectos.

## Variables de calidad organoléptica

### Diámetro polar y ecuatorial

Los tres tratamientos aplicados tuvieron una diferencia significativa en comparación al testigo, con respecto al diámetro polar (Qs-PAA:24.1 %; Qs-PAA+Se:25.1 %; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>:21.9 %) y ecuatorial (Qs-PAA:19.8 %; Qs-PAA+Se:24.7 %; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>:16.9 %)



Diámetro polar

Diámetro ecuatorial

Figura 7: Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de las variables Diámetro polar y ecuatorial. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### Firmeza

Los frutos que tuvieron mayor firmeza fueron aquellos de las plantas tratadas con Quitosán - Poliacrílico + Selenio aumentando un 46 % y con el tratamiento de selenito de sodio con un 35.5 %, superior al testigo, ilustrado en la Figura 8.

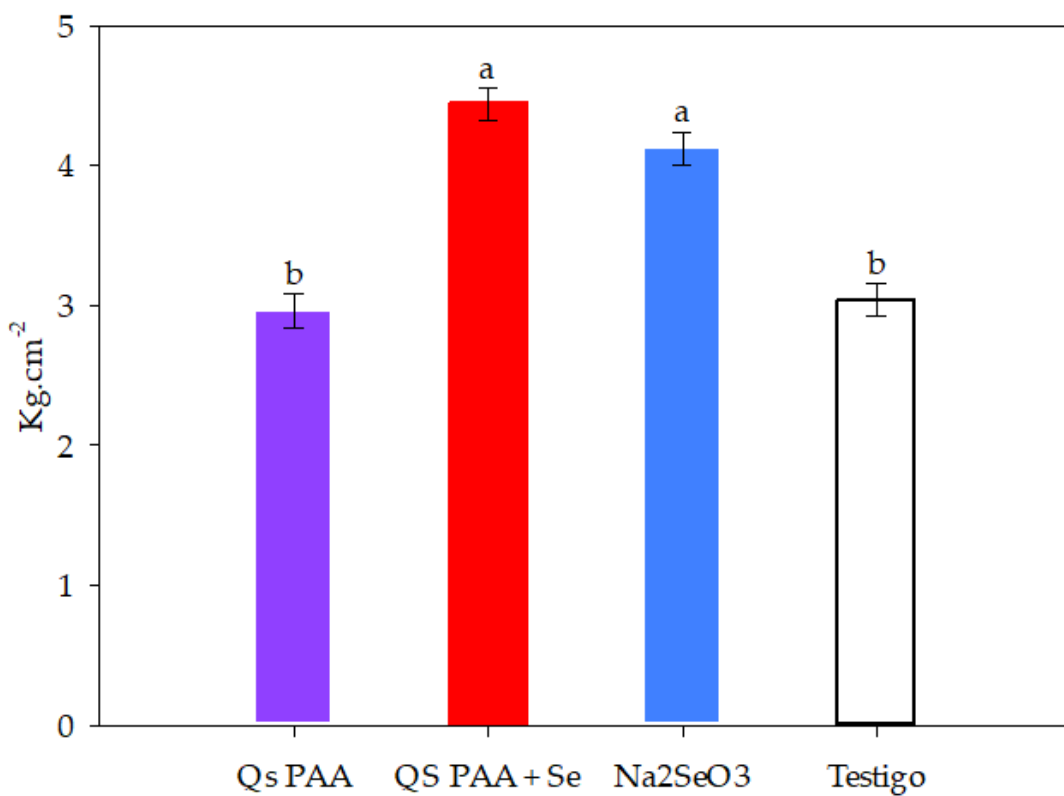


Figura 8. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable firmeza. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### Sólidos solubles totales

En la Figura 9 se observa la comparación de medias de la variable sólidos solubles totales, donde los tratamientos donde se aplicaron los biopolímeros de Quitosán - Poliácido Acrílico con un 24.3 %, y Quitosán - Poliácido Acrílico + Se con un 18.8 % obtuvieron mejores resultados a diferencia del testigo y donde se aplicó solamente selenito de sodio.

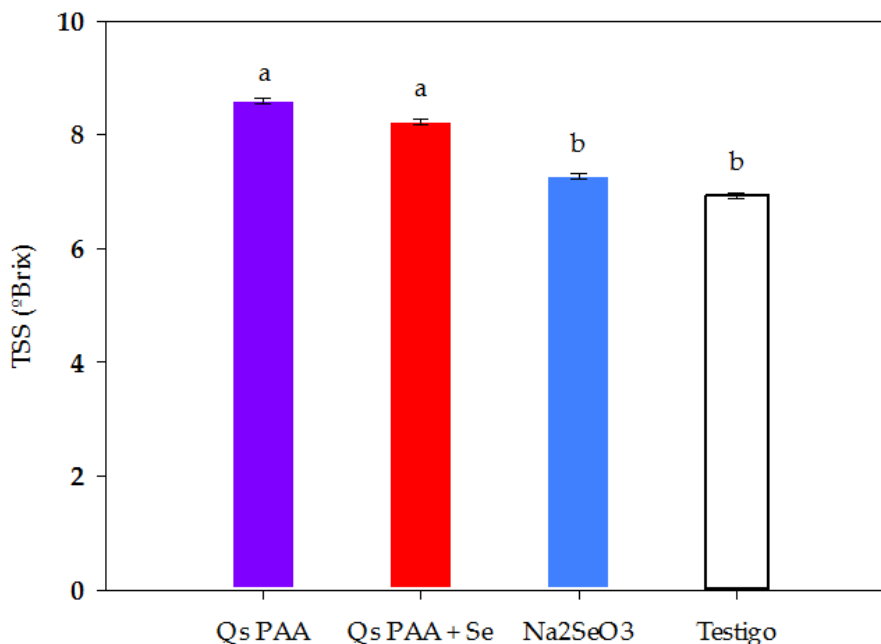


Figura 9. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable Sólidos solubles totales. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 6 (comparación de medias del grupo de variables de calidad postcosecha):** comparación de medias LSD de los tratamientos en las variables de calidad organolépticas: DP: Diámetro Polar; DE: Diámetro Ecuatorial; Firmeza y TSS: Tasa de Sólidos Solubles. Valores con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

TRATAMIENTO	DP (mm)	DE (mm)	FIRMEZA (kg.cm <sup>2</sup> )	TSS (°Brix)
Qs - PAA	35.92 a	37.47 a	2.96 b	8.60 a
Qs - PAA + Se	36.19 a	38.99 a	4.44 a	8.22 a
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	35.29 a	36.55 a	4.12 a	7.28 b
TESTIGO	28,94 b	31.27 b	3.04 b	6.92 b

### **Calidad organoléptica de los frutos**

Los tratamientos aplicados nos dan una respuesta positiva en el incremento del tamaño del fruto, tanto en el diámetro polar como en el diámetro ecuatorial, el incremento mayor se vio afectado por tratamiento con Qs-PAA + Se. En la investigación de Castillo-Godina *et al.*, (2016) al trabajar en tomate f-1 Toro, con  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  a una concentración de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  incorporada en la solución nutritiva, también obtuvieron resultados significativos en cuanto al incremento del tamaño de frutos, Mendoza (2015) también trabajo con  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  a concentraciones de 2 y  $5 \text{ ml L}^{-1}$  obtuvo de la misma manera el incrementos significativos en diámetros del fruto. En cuanto a la firmeza el mismo tratamiento de Qs-PAA + Se influyó de manera positiva siguiendo del tratamiento con el selenito de sodio, ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) lograron incrementar significativamente los  $\text{kg cm}^{-2}$ . Comparado con el trabajo de Mendoza (2015) se tienen los mismo resultados en cuanto al incremento de la firmeza, ya que aplicaron una concentración de  $5 \text{ ml.L}^{-1}$  en cultivo de tomate tipo bola, de igual manera se incrementó la tasa de solidos solubles ( $5.07^\circ\text{Brix}$  a concentraciones de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $4.86^\circ\text{Brix}$  a concentraciones de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  testigo  $4.29^\circ\text{Brix}$ ) se tienen aproximadamente las mismas proporciones aumentadas en el experimento con nuestros tratamientos (Qs-PAA  $8.60^\circ\text{Brix}$ , Qs-PAA + Se  $8.22^\circ\text{Brix}$ , Selenito de Sodio  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $7.28^\circ\text{Brix}$  y Testigo  $6.92^\circ\text{Brix}$ ).



## Variables de Calidad Nutracéutica

### Compuestos fenólicos

De acuerdo con el análisis de varianza existió diferencia significativa entre tratamientos; la concentración de los fenoles (Figura 10) tuvo un incremento en todos los tratamientos (Qs-PAA: 43.9 %; Qs-PAA+Se: 76.9 %; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>: 72.6 %) en comparación al testigo.

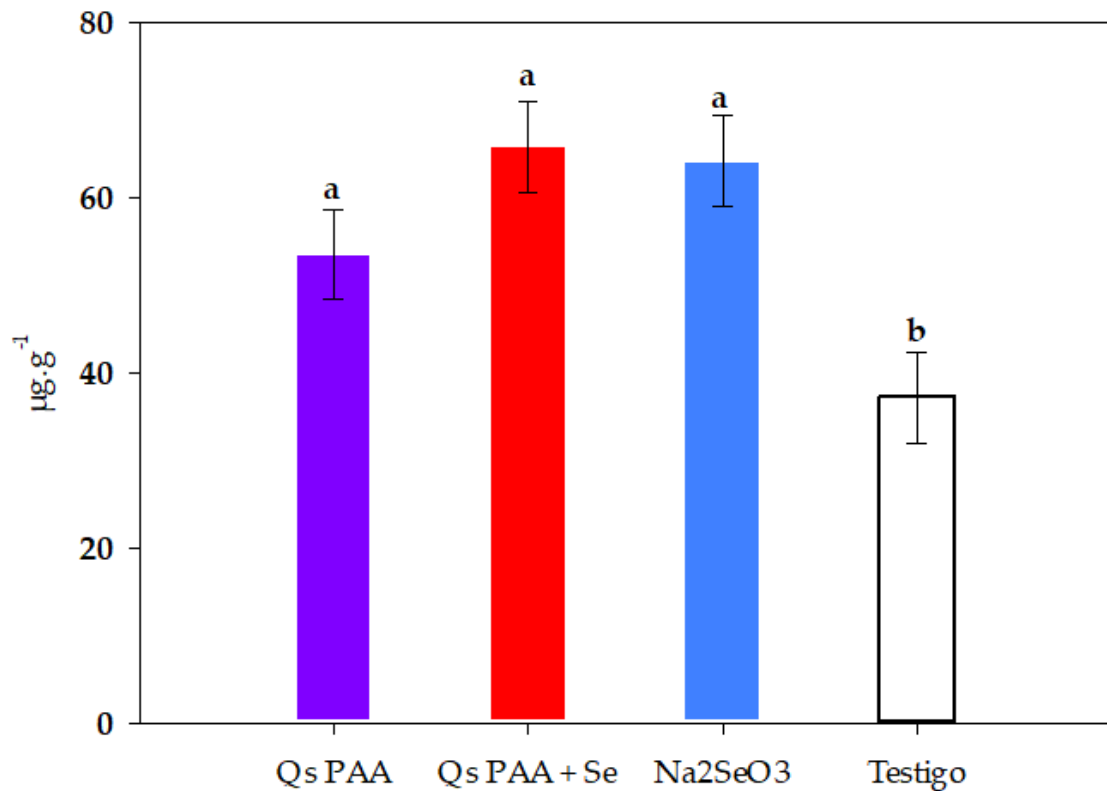


Figura 10. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable compuestos fenólicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Proteínas**

No se encontró una diferencia significativa con las proteínas de acuerdo al análisis estadístico, comparación de medias LSD ilustrada en la Figura 11.

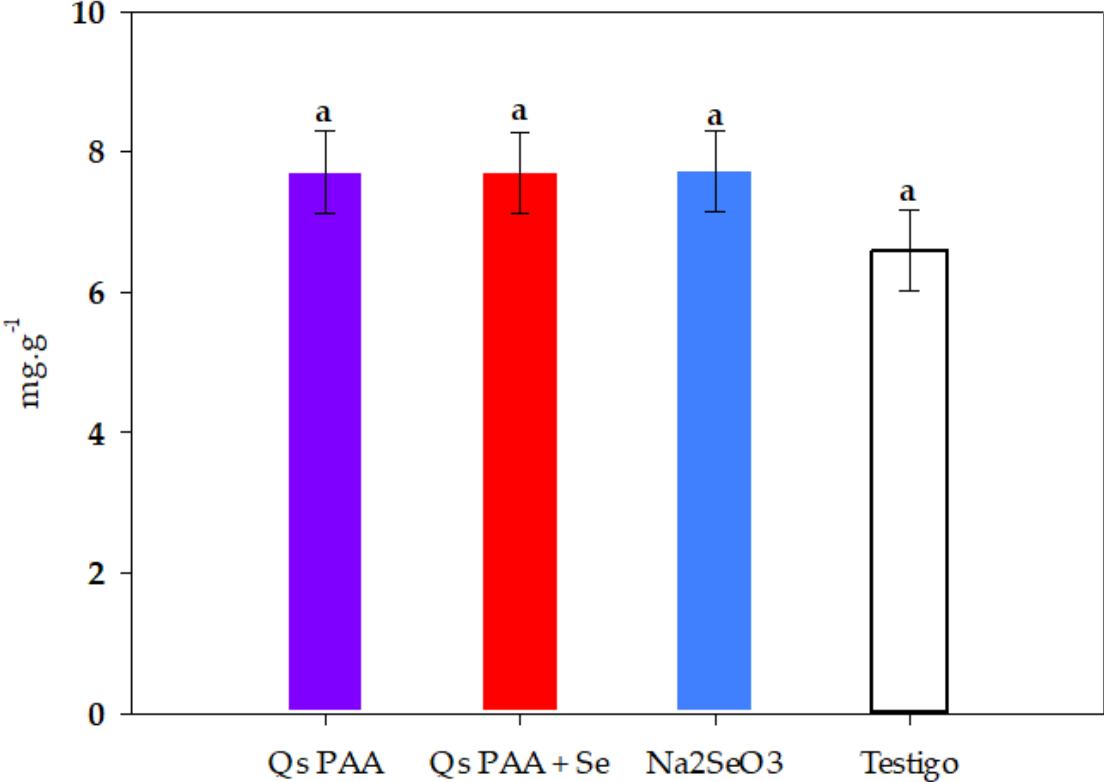


Figura 11. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable proteínas. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

## Catalasa

De acuerdo con los análisis estadísticos realizados, en la variable del contenido de Catalasa Figura 12, hay una diferencia significativa con los tratamientos (Qs-PAA:143.8 %; Qs-PAA+Se:222.8 %; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>:236.8 %) con respecto al testigo.

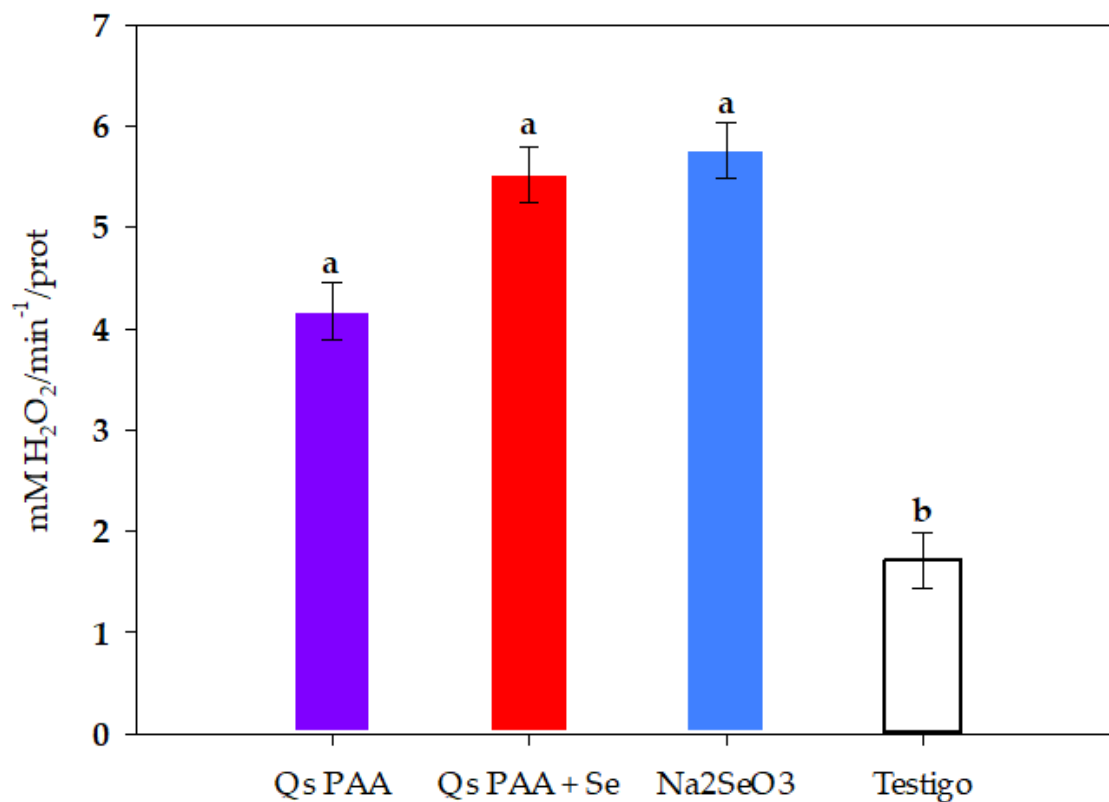


Figura 12. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable catalasa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### Glutación peroxidasa

En la actividad enzimática de glutatión peroxidasa Figura 13, no hay una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

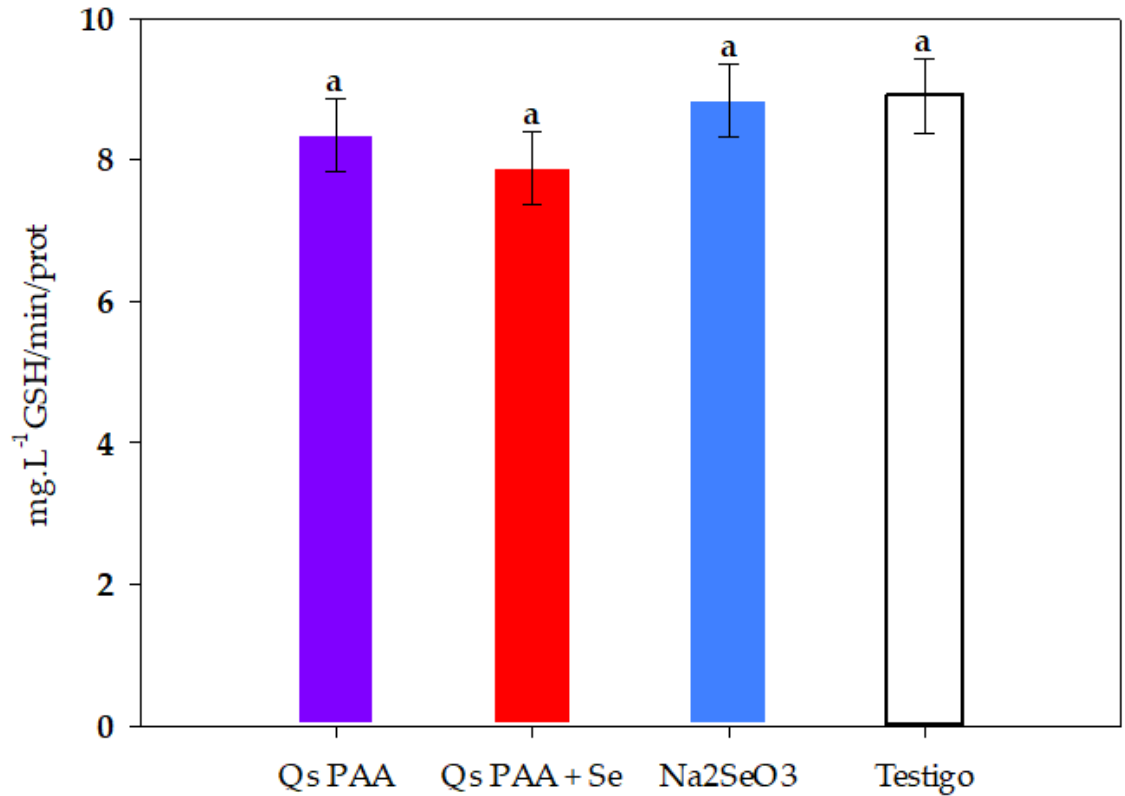


Figura 13. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable glutatión peroxidasa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

## Glutación

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en el contenido de glutatión, de acuerdo a la comparación de medias ilustrada en la Figura 14, con los tratamientos aplicados, la concentración de Glutatión disminuyó (Qs-PAA: 20.3 %; Qs-PAA+Se: 15.4 %; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>: 6.9 %) con respecto al testigo.

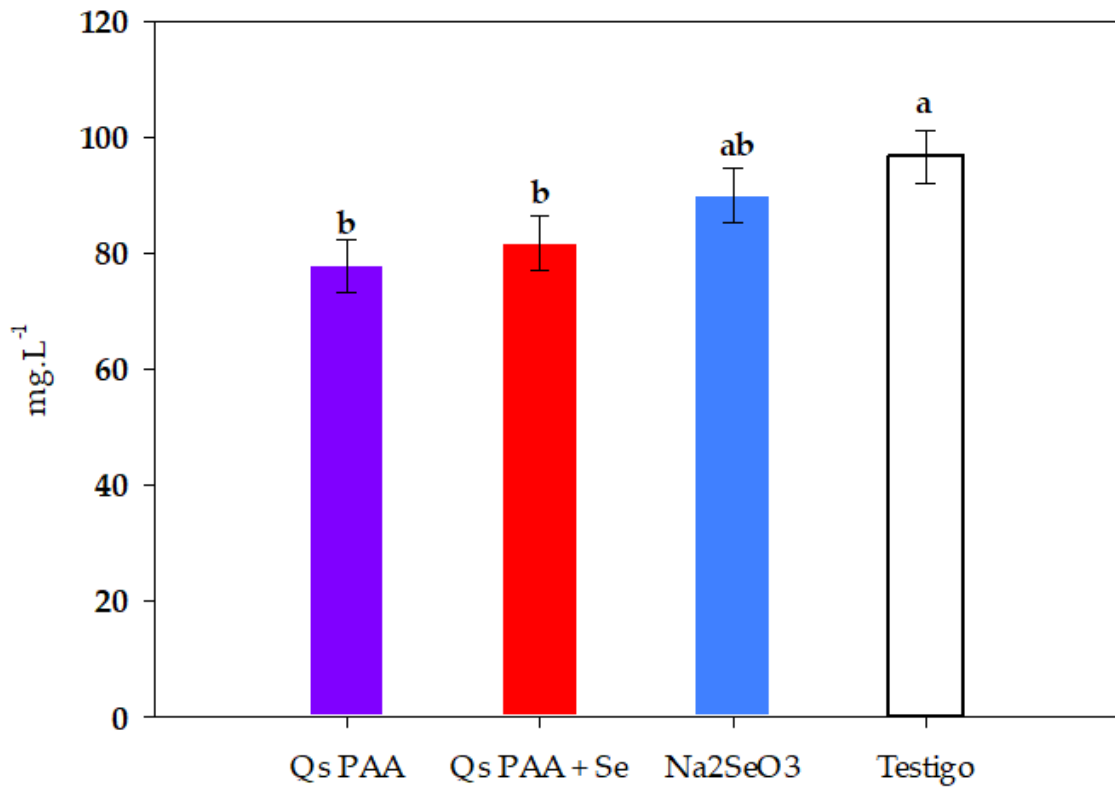


Figura 14. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable glutatión. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

## Licopeno

Existió diferencia estadística entre los tratamientos; en la comparación de medias ilustrada en la Figura 15, los frutos de las plantas tratadas con Quitosán - Poliácido Acrílico con un 71.5 % y Quitosán - Poliácido Acrílico + Selenio con un 71.1 % tuvieron un mayor contenido de licopeno en comparación al testigo.

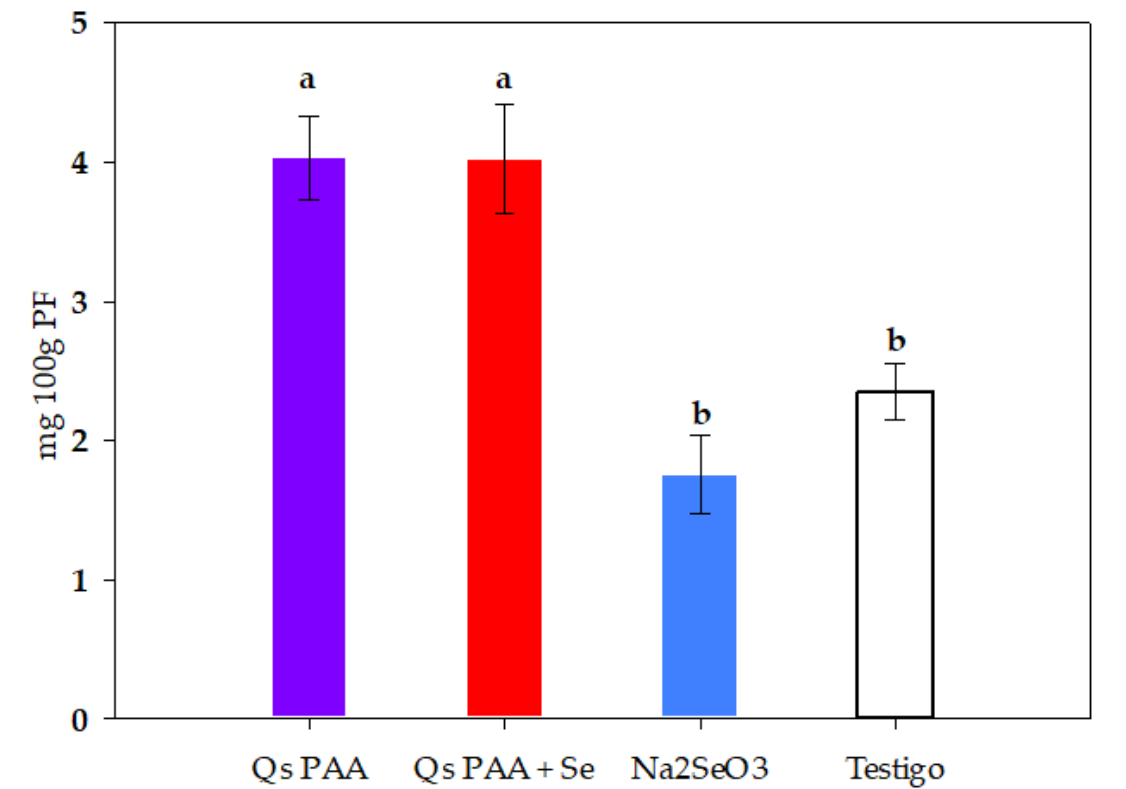


Figura 15. Comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) de los diferentes tratamientos de la variable licopeno. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 7 (comparación de medias del grupo de variables de calidad nutracéutica):** comparación de medias LSD. De los tratamientos en las variables de Calidad Nutracéutica: FEN: Fenoles totales; PROT: Proteínas Totales; CAT: Catalasa; GPX: Actividad enzimática de glutatión peroxidasa; GSH: Concentración de glutatión; LICO: Contenido de Licopeno. Valores con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>FEN</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}$ )	<b>PROT</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}$ )	<b>CAT</b> (mM $\text{H}_2\text{O}_2/\text{min}/\text{prot}$ )	<b>GPX</b> ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{GSH}/\text{min}/\text{prot}$ )	<b>GSH</b> ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	<b>LICO</b> ( $\text{mg}\ 100\text{g PF}$ )
<b>Qs - PAA</b>	53.44 a	7.71 a	4.17 a	8.35 a	77.9 b	4.03 a
<b>Qs - PAA + Se</b>	65.71 a	7.70 a	5.52 a	7.89 a	81.79 b	4.02 a
<b>Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub></b>	64.08 a	7.73 a	5.76 a	8.84 a	90.02 ab	1.76 b
<b>TESTIGO</b>	37.13 b	6.59 a	1.71 b	8.90 a	96.71 a	2.35 b

### **Calidad nutracéutica de los frutos**

En los compuestos fenólicos totales, el tratamiento con un mayor contenido fue Qs-PAA+Se, el siguiente  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , con base en esto las plantas con tratamiento de Se, producen frutos con una mayor cantidad de fenoles totales, sin embargo, también con los complejos de polímeros se logra aumentar la cantidad de fenoles totales con respecto al manejo convencional del cultivo. En un experimento de Schiavon *et al.*, (2013) trabajaron con  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ , en diferentes concentraciones ( $5\mu\text{M}$ ,  $10\mu\text{M}$ ,  $25\mu\text{M}$ ,  $50\mu\text{M}$ ,  $100\mu\text{M}$ ) en cultivo de tomate, realizaron un análisis de metabolitos considerando la cáscara de los frutos, con el fin de determinar los fenoles totales, encontraron que estos disminuyeron sustancialmente en las plantas tratadas con Se, en lo que resta al componente del fruto (pulpa), encontraron niveles de fenoles en aumento en comparación al testigo.

Todos los tratamientos aplicados indujeron una mayor actividad enzimática de catalasa con respecto al testigo, por su parte Castillo-Godina *et al.*, (2016) encontraron que la actividad enzimática de la catalasa aumentó en hojas, tallos y frutos con la aplicación de 0.2 y 5  $\text{mg L}^{-1}$  de selenito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ), en la solución nutritiva para tomate. Ramos *et al.*, (2010), en el cultivo de lechuga reportaron un aumento en la peroxidación lipídica, lo que indica aparición del estrés oxidativo, por tanto, a concentraciones bajas de Se, se aumenta la actividad enzimática de catalasa.

Con respecto a la actividad enzimática de glutatión peroxidasa no se encontraron diferencias significativas. Por el contrario, Castillo-Godina *et al.*, (2016) reportaron en tomate Toro con selenito de sodio a una dosis de 5  $\text{ml L}^{-1}$  un aumento en la actividad enzimática de glutatión peroxidasa. En el experimento de Mendoza (2015) a la misma dosis de 5  $\text{ml L}^{-1}$  también incremento su actividad enzimática con una diferencia significativa llegando a 450  $\text{u.mg proteína}^{-1}$  en cultivo de tomate bola. En dosis óptimas ( $<50 \text{ mg Se kg}^{-1}$ ) según Puccinelli *et al.*, (2017), la planta se protege de diversos factores de estrés abióticos, principalmente contrarrestando el estrés oxidativo mediante la inhibición de peroxidación lipídica con esto se logra aumentar la actividad de glutatión peroxidasa (GSX). Por otra parte, el contenido de glutatión disminuyó con la aplicación



de Qs-PAA y Qs-PAA + Se con respecto al testigo, esto puede deberse a que el glutatión siendo el dador de electrones en la reacción de la glutatión peroxidasa, se haya oxidado por una mayor actividad de la enzima, aunque no se tuvieron diferencias estadísticas. Por el contrario, en un trabajo de Xue, *et al.*, (2001), en el cultivo de lechuga demostró que a una dosis mínima de 0.1 mg Kg de suelo de Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> el contenido de glutatión (GSH) incrementó significativamente, la diferencia en los resultados puede deberse a la especie utilizada, la forma química del selenio así como el sistema de producción. Los complejos de Qs-PAA ya sea con o sin selenio, lograron incrementar significativamente el contenido de licopeno en comparación al testigo. Por otra parte Schiavon *et al.*, (2013) en su experimento donde trabajaron con selenato de sodio (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>), al determinar su contenido de licopeno en frutos de tomate, reportaron un efecto en la pulpa con concentraciones de 5µM y 10µM.

## CONCLUSIONES

La aplicación de selenio iónico, complejos de Quitosán Poliácido Acrílico o bien ambos en conjunto no causan toxicidad o un efecto significativo en la biomasa de plantas de tomate cherry a concentraciones de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , con esta aplicación se logra aumentar el diámetro de tallos. El número de frutos y rendimiento aumenta con la aplicación de complejos de Quitosán Poliácido Acrílico + Se a una concentración de  $5 \text{ ml L}^{-1}$ .

El tratamiento de Quitosán-Poliácido Acrílico + Se mejora la firmeza de los frutos y los sólidos solubles totales.

Los tratamientos que contienen selenio iónico y selenio absorbido en complejos de biopolímeros logran aumentar el contenido de fenoles totales y catalasa. Los complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico aumentan el contenido de licopeno en los frutos.

## REFERENCIAS

- Abad., D. E. M., Garrido., J. C. G., Fernández., E. M. M., Rodríguez., M. D. S., & Trujillo., L. (2010). Ensayo de cultivares de tomate cherry rama. Campaña 07-08.
- Amat, M., Ivars, A., & Alcácer, I. (2010). Estudio De Los Factores Que Influyen En La Actividad Enzimática De La Catalasa, 1–6.
- Ávalos García Elena Pérez-Urria Carril, A. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145. Retrieved from [http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo\\_secundario\\_de\\_plantas.pdf](http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf)
- Becvort-Azcurra., A., Fuentes-Lara., L. O., Benavides-Mendoza., A., Ramírez., H., Robledo-Torres., V., & Rodríguez-Mendoza., M. de las N. (2012). APLICACIÓN DE SELENIO EN TOMATE: CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y ESTADO ANTIOXIDANTE DEL FRUTO.
- Berrios, M., Arredondo, C., & Tjalling, H. (2007). Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad. Pimiento, 1–103.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Cansev, A., Gulen, H., & Eris, A. (2011). The activities of catalase and ascorbate peroxidase in olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) under low temperature stress. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 52(2), 113–120. <https://doi.org/10.1007/s13580-011-0126-4>
- Castillo-Godina, R. G., Foroughbakhch-Pournavab, R., & Benavides-Mendoza, A. (2016). Effect of selenium on elemental concentration and antioxidant enzymatic activity of tomato plants. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(1), 233–244.
- Daniela, Arboleda, M. (2012). SELENIO: GENERALIDADES. Retrieved January 22, 2018, from [http://selenio32.blogspot.mx/p/generalidades\\_13.html](http://selenio32.blogspot.mx/p/generalidades_13.html)
- Diaz, A. (2003). La Estructura de las Catalasas. *Unam*, 22(2), 76–84. Retrieved from <https://goo.gl/xDjK4u>
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nodo Hortícola VI Región*, 60. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.05.016>
- Feng, R., Wei, C., & Tu, S. (2013). The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 87, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.09.002>
- FIRA. (2016). Panorama Agroalimentario. Retrieved from [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama\\_Agroalimentario\\_Tomate\\_Rojo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf)
- Foyer, C. H., & Noctor, G. (2012). Managing the cellular redox hub in photosynthetic

- organisms. *Plant, Cell and Environment*, 35(2), 199–201.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02453.x>
- García Nava, M. G. (2005). Flavonoides. Retrieved from  
[http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56\\_1UAQGarciaNava.pdf](http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf)
- Germ, M., & Stibilj, V. (2007). Selenium and plants. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1).  
<https://doi.org/10.2478/v10014-007-0008-8>
- Gutman, J. (2013). GLUTATION SU ROL EN EL CANCER Y EN TERAPIAS ANTICANCER. Retrieved from  
<http://www.enfermeriaalternativa.cl/pdf/GLUTATHIONEBOOKLET.pdf>
- Haifa. (2014). Recomendaciones nutricionales para TOMATE en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero. Retrieved from [http://www.haifa-group.com/thai/files/Languages/Spanish/Tomate\\_2014.pdf](http://www.haifa-group.com/thai/files/Languages/Spanish/Tomate_2014.pdf)
- Hugo, E., Luz, Estella, F., Mario, G., Amparo, M., Harold, U., Kris, W., ... Cesar, S. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario, & Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero, 112. Retrieved from  
<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12 Manual de Tomate Invernadero.pdf>
- Ismael Hernández, R., Nissen., S., & Namuth., D. (2011). Plant and Soil Sciences eLibrary. Retrieved February 5, 2018, from  
<http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=959723462&topicorder=2&maxto=7%5Cnhttp://croptechnology.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1130447123&topicorder=3&maxto=13&mintto=1>
- Jaffé, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. Retrieved from  
[http://www.fundacionbengoa.org/publicaciones/werner\\_jaffe/art.228.pdf](http://www.fundacionbengoa.org/publicaciones/werner_jaffe/art.228.pdf)
- Luque Guillen, M. V. (2011). Estructura Y Propiedades de las Proteínas. *Bioquímica Médica*. Retrieved from [https://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf)
- Mazuela, P., Acuña, L., Álvarez, M., & Fuentes, Á. (2010). PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE UN TOMATE CHERRY EN DOS TIPOS DE INVERNADERO EN CULTIVO SIN SUELO. *Idesia (Arica)*, 28(2), 97–100.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292010000200012>
- Mendoza, J. M. R. (2015). Impacto del Selenio Sobre la Producción y Calidad del Fruto de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.).
- Nsor-Atindana, J., Zhong, F., Mothibe, K. J., Bangoura, M. L., & Lagnika, C. (2012). Quantification of total polyphenolic content and antimicrobial activity of cocoa (*Theobroma cacao* L.) Bean shells. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(7), 574–579.  
<https://doi.org/10.3923/pjn.2012.672.677>

- Perez., G. (2007). Glutación - COENZIMA .COM. Retrieved January 31, 2018, from <https://www.coenzima.com/glutatin>
- Porras, A. P., & López-Malo, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *TSIA*, 121–134.
- Prego., E. C., Balboa, J. P., & Miranda., E. C. (1996). Enzimas que participan como barreras fisiológicas para eliminar los radicales libres: III. Glutación peroxidasa. Retrieved January 23, 2018, from [http://bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol16\\_1\\_97/ibi02197.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol16_1_97/ibi02197.htm)
- Productores de hortalizas. (2006). PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL TOMATE. Retrieved from [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tomato\\_Spanish.pdf](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tomato_Spanish.pdf)
- Puccinelli, M., Malorgio, F., & Pezzarossa, B. (2017). Selenium enrichment of horticultural crops. *Molecules*, 22(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/molecules22060933>
- Ramos, S. J., Faquin, V., Guilherme, L. R. G., Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S., ... Oliveira, C. (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant, Soil and Environment*, 56(12), 584–588.
- Rayman, M. P. (2000). The importance of selenium to human health. *The Lancet*, 356(9225), 233–241. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02490-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02490-9)
- Rivero, R., Ruiz, J., & Romero, L. (2003). Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food ...*, 1(January), 70–74. Retrieved from [http://www.researchgate.net/publication/236211274\\_Role\\_of\\_grafting\\_in\\_horticultural\\_plants\\_under\\_stress\\_conditions/file/e0b495170043787b85.pdf](http://www.researchgate.net/publication/236211274_Role_of_grafting_in_horticultural_plants_under_stress_conditions/file/e0b495170043787b85.pdf)
- Schiavon, M., Dall'Acqua, S., Mietto, A., Pilon-Smits, E. A. H., Sambo, P., Masi, A., & Malagoli, M. (2013). Selenium fertilization alters the chemical composition and antioxidant constituents of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(44), 10542–10554. <https://doi.org/10.1021/jf4031822>
- Tailin Xue, H. H. & V. P. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *CEUR Workshop Proceedings*, 1621(August 2017), 36–43. <https://doi.org/10.1023/A>
- Trango. (2015). Selenio en la dieta: MedlinePlus enciclopedia médica. Retrieved December 13, 2017, from <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002414.htm>
- Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa., M. G. . A.-G. M. G. J. . B.-J. M. . D. R.-O. F. . G.-D. C. (2005). *Revista mexicana de ingeniería química. Revista Mexicana de Ingeniería Química* (Vol. 4). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/620/62040309/>
- V. Fernandez, R., Camara., M., & Quintela., J. C. (2007). ingredientes bioactivos de tomate.

- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2007). Biopolímeros nutrales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*, 12(2), 5–12. Retrieved from <file:///C:/Users/Ray/Downloads/652-1250-1-PB.pdf>
- Waliszewski, K. N., & Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceúicas del licopeno, 52(3). Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v52n3/10.pdf>
- Xue, H., Piironen., H., & Tailin., V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*, 237(1), 55–61. <https://doi.org/10.1023/A:1013369804867>