



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA



DOCTORADO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ETEFON, PROHEXADIONA DE
CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO SOBRE LA CALIDAD
POSCOSECHA EN FRUTOS DE JITOMATE.**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

PRESENTA:

CANO HERNÁNDEZ RENÉ



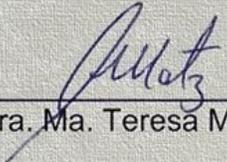
**DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES**

Chapingo, México. mayo de 2018

La presente Tesis, titulada: "EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ETEFON, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO SOBRE LA CALIDAD POSCOSECHA EN FRUTOS DE JITOMATE", realizada por el alumno: **René Cano Hernández**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 
Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

ASESOR: 
Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

ASESOR 
Dr. Felipe Sánchez del Castillo

LECTOR EXTERNO 
Dr. Oscar Cruz Alvarez

Chapingo, Edo. de México, abril de 2018

EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ETEFON, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO SOBRE LA CALIDAD POSCOSECHA EN FRUTOS DE JITOMATE.

René Cano Hernández¹ y Ma Teresa Martínez Damián²

RESUMEN GENERAL

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos biorreguladores del crecimiento (etefón y prohexadiona de calcio), un activador fisiológico (yodo) y un micromineral (selenito de sodio) con diferentes concentraciones, sobre algunos parámetros de calidad de frutos de jitomate tipo bola y saladette cultivados en invernadero. El diseño experimental fue completamente al azar. Se evaluó en fruto el color, peso, diámetro ecuatorial y polar, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y licopeno. En jitomate bola la aplicación de 1 ml L⁻¹ de yodo afectó significativamente la brillantez y tonalidad de color con valores de 37.87 y 85.54, respectivamente, además de los sólidos solubles totales con 4.94 °Brix con una concentración de 3 ml L⁻¹. Por otro lado, la aplicación de 200 mg. L⁻¹ de prohexadiona de calcio incrementó el peso de fruto (150.85 g) y la concentración de licopeno con 20.61 mg 100 g⁻¹ con una concentración de 50 mg L⁻¹. El selenito de sodio a una dosis de 175 y 125 mg L⁻¹ produjo mayor firmeza y acidez con valores de 2,75 N y 0.35 % de ácido cítrico, respectivamente.

En jitomate saladette la aplicación de 175 mg L⁻¹ de selenito de sodio afectó significativamente los componentes de color como la brillantez y tonalidad con valores de 34.11 y 78.11, respectivamente, la aplicación de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio incrementó los sólidos solubles totales con 5.15 °Brix. Por otro lado, la aplicación de 1.6 ml L⁻¹ de etefón incrementó el peso de fruto (138.92 g). El contenido de licopeno incrementó a 14.65 mg 100 g⁻¹ con una concentración de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio. El selenito de sodio a una dosis de 175 y 125 mg L⁻¹ permitió obtener frutos con mayor firmeza y acidez con valores de 2.43 N y 0.34 % de ácido cítrico, respectivamente.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., manejo agronómico, retardante de crecimiento, ángulo hue, cromas, acidez titulable, licopeno.

¹Tesista

²Director

EFFECT OF THE FOLIAR APPLICATION OF ETEFON, PROHEXADIONA OF CALCIUM, IODINE AND SODIUM SELENITE ON THE POSTHARVEST QUALITY IN TOMATO FRUITS

René Cano Hernández¹ and Ma Teresa Martínez Damián²

GENERAL ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of two growth bioregulators (ethephon and prohexadione-calcium), a physiological activator (iodine) and a micromineral (sodium selenite) at different concentrations on some quality parameters of ball- and saladette-type tomato fruits grown in a greenhouse, under a completely random design. The color, weight, equatorial and polar diameter, roundness index, firmness, total soluble solids, titratable acidity and lycopene were evaluated. As a result, in ball tomato the application of 1 ml L⁻¹ of iodine significantly affected the brightness and color tonality with values of 37.87 and 85.54, respectively, in addition to the total soluble solids with 4.94 °Brix with a concentration of 3 ml L⁻¹. The application of 200 mg L⁻¹ of prohexadione-calcium increased fruit weight and lycopene concentration with a concentration of 50 mg L⁻¹. Sodium selenite at a dose of 175 and 125 mg L⁻¹ produced greater firmness and acidity with values of 2.75 N and 0.35% citric acid, respectively.

On the other hand in saladette tomato the application of 175 mg L⁻¹ of sodium selenite significantly affected the brightness and tonality components with values of 34.11 and 78.11, respectively; the application of 200 mg L⁻¹ of prohexadione-calcium increased the total soluble solids with values of 5.15 °Brix. On the other hand, the application of 1.6 ml L⁻¹ of ethephon increased fruit weight (138.92 g). The lycopene content was increased to 14.65 mg 100 g⁻¹ with a concentration of 200 mg L⁻¹ of prohexadione-calcium. Sodium selenite at a dose of 175 and 125 mg L⁻¹ produced fruits with greater firmness and acidity with values of 2.43 N, 2.43 N and 0.34% citric acid, respectively.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., agronomic management, growth retardant, hue angle, chroma, titratable acidity, lycopene

¹Tesista
²Director

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**), por haberme apoyado en la realización de mis estudios de Doctorado.

A los integrantes de mi comité: Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, Dr. Esau del Carmen Moreno Pérez, Dr. Felipe Sánchez del Castillo, Dr. Óscar Cruz Álvarez, por el apoyo, asesoría y tiempo que me brindaron en la realización de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
III. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE.....	25
3.1. RESUMEN.....	26
3.2. ABSTRACT.....	27
3.3. INTRODUCCIÓN.....	28
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.4.1. Productos.	30
3.4.2. Material vegetal.	30
3.4.3. Manejo del cultivo.....	30

3.4.4. Diseño experimental.	31
3.4.5. Parámetros evaluados.....	31
3.4.5.1. Color del fruto.....	31
3.4.5.2. Peso de fruto.	32
3.4.5.3. Diámetro polar y ecuatorial.	32
3.4.5.4. Índice de Redondez.....	32
3.4.5.5. Firmeza.....	32
3.4.5.6. Sólidos solubles totales.....	32
3.4.5.7. Acidez titulable.....	32
3.4.5.8. Licopeno.	32
3.4.6. Análisis estadístico.	33
3.5. Resultados y discusión.....	33
3.5.1. Color.....	33
3.5.1.1. Brillantez.	33
3.5.1.2. Cromaticidad y Hue.....	34
3.5.2. Peso de fruto.	35
3.5.3. Firmeza.....	35
3.5.4. Diámetro ecuatorial.	36
3.5.5. Diámetro polar.	36
3.5.6. Índice de redondez.....	38

3.5.7. Sólidos solubles totales.....	38
3.5.8. Acidez titulable.....	39
3.5.9. Licopeno.....	40
3.6. CONCLUSIONES.....	42
3.7. LITERATURA CITADA.....	43
IV. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE SALADETTE.....	47
4.1. RESUMEN.....	48
4.2. ABSTRACT.....	49
4.3. INTRODUCCIÓN.....	50
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.6. CONCLUSIONES.....	65
4.7. LITERATURA CITADA.....	65
V. CONCLUSIONES GENERALES.....	72
VI. LITERATURA CITADA GENERAL.....	73
VII. ANEXOS.....	77
Cuadro 1. Cuadrados medios de once variables de calidad de fruto de jitomate tipo bola provenientes de plantas tratadas con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	77

Cuadro 2. Cuadrados medios de once variables de calidad de fruto de jitomate tipo saladette provenientes de plantas tratadas con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	78
ANEXO EXPERIMENTO 1. Trabajo en Extenso del experimento al cual pertenece el artículo “ Etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio en la calidad poscosecha de jitomate bola ”.....	79
ANEXO EXPERIMENTO 2. Trabajo en Extenso del Artículo “ Etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio en calidad poscosecha de jitomate saladette. ”.....	125

ÍNDICE DE CUADROS

1. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE

Cuadro 1. Biorreguladores, yodo y selenito de sodio aplicados en frutos de jitomate cultivados en invernadero.....	30
Cuadro 2. Color, peso y firmeza de frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	30
Cuadro 3. Diámetro ecuatorial y polar e índice de redondez de frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	33
Cuadro 4. Concentración de sólidos solubles, acidez titulable y licopeno en frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	33

2. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE SALADETTE

Cuadro 1.	Biorreguladores de crecimiento, yodo y selenito de sodio aplicados en frutos de jitomate cultivados en invernadero.	79
Cuadro 2.	Color, peso y firmeza de frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	79
Cuadro 3.	Diámetro ecuatorial y polar e índice de redondez de frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	83
Cuadro 4.	Concentración de sólidos solubles, acidez titulable y licopeno en frutos de jitomate sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.....	83

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con mayor superficie cultivada a nivel mundial, y constituye un ingrediente esencial en la preparación de diversos platillos, tanto en fresco como procesado (Kiferle *et al.*, 2013) y representa el 30 % de la producción hortícola (Cuesta y Moncada, 2014). En México, con datos oficiales disponibles a 2016, su cultivo alcanza una superficie sembrada de 51,861.10 ha, donde se destacan los estados de Sinaloa (14,220.62 ha), Michoacán (6,946.93 ha), Zacatecas (3,096.98 ha) y Baja California (2,817.00 ha) (SIAP, 2017), en la que predomina el uso de diversas estructuras de agricultura protegida (casa sombra e invernadero) (FIRA, 2016). Es importante señalar que, a pesar del incremento en la productividad de esta especie hortícola (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008), es muy frecuente la presencia de una serie de problemas poscosecha relacionadas con daños mecánicos, condiciones inadecuadas de manipulación y almacenamiento, transporte y empaques incorrectos, así como por las características fisiológicas del fruto (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Carrillo-López y Yahia, 2014).

El nivel de aceptación del consumidor final entre los diversos productos hortofrutícolas está ampliamente correlacionado con el adecuado desempeño de sus características físicas externas (color, firmeza y apariencia visual) (Beckles, 2012), y en el caso particular del fruto de jitomate, su mayor consumo se presenta cuando éste ha alcanzado su máxima calidad organoléptica, es decir, cuando la epidermis del fruto ha cambiado a una tonalidad roja, pero sin observarse cambios en su textura (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008; Cuesta y Moncada, 2014). El fruto de jitomate se caracteriza por ser altamente perecedero, debido a que produce etileno e incrementa su sensibilidad al etileno exógeno (Jiang *et al.*, 2011), por lo que es común el uso de temperaturas de almacenamiento entre 10 y 12 °C (Padrón *et al.*, 2012), por su efecto directo sobre la disminución del contenido de clorofila, incremento de licopeno, liberación de volátiles e hidrólisis de pectinas y hemicelulosas, así como en el desarrollo de pudriciones (López-Camelo *et al.*, 2003; Figueroa-Cares *et al.*, 2018), sin

embargo, su uso es limitado en el tiempo y espacio, es decir, sus mejores resultados en firmeza se observan durante dos semanas, y el costo por el mantenimiento de infraestructura es elevado (Becvort-Azcurra *et al.*, 2012).

En la actualidad, los reguladores del crecimiento (fitohormonas) de origen natural o sintéticos (Ramírez *et al.*, 2010; Osbay y Ergun, 2015). Sin embargo, existen otros compuestos de diverso origen natural que aplicados en bajas concentraciones promueven, inhiben o modifican el comportamiento de los procesos morfológicos y fisiológicos en las plantas (Dhall y Singh, 2013; Ramírez *et al.*, 2017), donde la maduración es uno de los procesos fisiológicos que más atención recibe, por su enorme impacto sobre las características intrínsecas de calidad de los productos hortofrutícolas durante su manejo poscosecha (De la Rosa-Rodríguez *et al.*, 2016), puesto que una vez iniciado este proceso, la eficiencia en su control disminuye considerablemente (Jiang *et al.*, 2011).

Existen diversas investigaciones relacionadas con la aplicación de biorreguladores del crecimiento (Ramírez *et al.*, 2012; Guardado-Félix *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2016), en la que se abarca el uso de retardantes del crecimiento como la prohexadiona de calcio y etefón; activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio), evaluando desde la interacción con la actividad hormonal, crecimiento vegetativo, homogeneidad en la cosecha, así como el desarrollo y maduración del fruto. El retardante del crecimiento Prohexadiona de calcio (P-Ca) tiene una estructura parecida al ácido 2-oxoglutarico, el sustrato de dioxigenasas, bloqueando la GA20 3 β -hidroxilasa que cataliza las reacciones de la formación de giberelinas inhibiendo su formación y formando precursores inactivos (Rademacher, 2000; Rademacher *et al.*, 2006), interviene en rutas biosintéticas de metabolitos secundarios aumentando la capacidad antioxidante (Gosch *et al.*, 2003; Roemmelt *et al.*, 2003), actúa como inhibidor de la síntesis de etileno (Rademacher *et al.*, 2006; Rademacher, 2014), además interfiere en el metabolismo de flavonoides (Rademacher, 2014). Se absorbe principalmente a través de las hojas y su translocación es principalmente acropétala y en menor grado basipétala con un período de actividad biológica dentro de 10 a 14 días (Evans, 1997). Se ha reportado una reducción del

crecimiento vegetativo de árboles de mango 'Ataulfo' entre 18 a 41 % Pérez *et al.* (2016) y en manzano, Ramírez *et al.* (2003) se ha observado un incremento en la producción de fruto por árbol con la aplicación de prohexadiona-Ca y mayor firmeza de los frutos cosechados (Padilla *et al.*, 2017).

En cuanto a las aplicaciones de etefón se sabe que es un regulador de crecimiento de las plantas, el cual penetra en los tejidos traslocándose y descomponiéndose en etileno al promover la conversión de ácidoaminociclopropano 1 carboxílico (ACC) a ácido malonil 1 aminociclopropano 1 carboxílico (MACC) provocando un adelanto en la respiración de frutos climatéricos (Bayer Cropscience, 2005), A nivel comercial se ha usado para acelerar la maduración en bananas, kiwi, mango, jitomate, remolacha forrajera, el café y para facilitar la cosecha de frutas y bayas acelerando la maduración post-cosecha (Bayer Cropscience 2005). Por otro lado el yodo es considerado un activador fisiológico usado como alternativa para modificar la productividad de las plantas, esto gracias a que modifica la síntesis de clorofila (pigmento responsable de capturar la energía solar) cambiando positivamente el proceso de fotosíntesis de las plantas al concentrar mayor cantidad de pigmentos receptores de energía lumínica presentando una mayor tasa fotosintética y un mayor consumo de C, H y O, elementos que representan el 96 % de la materia seca y con ello favoreciendo a las plantas en su tasa de asimilación neta diaria (Fotosíntesis-respiración). Las dosis recomendadas para un buen efecto fisiológico del yodo (Q 2000 Plus®) es de 2.5 a 4 ml.l⁻¹ con un pH de agua de 6.0 a 6.5. Se recomienda hacer aplicaciones en base a las características del cultivo y la etapa de desarrollo. Existen evidencias de efectos positivos en la calidad de frutos con el uso de medios nutritivos que llevan de 0.5-1.0 ppm de yodo en plantas como frijol (Loué, 1988). Entre los micronutrientes el selenito de sodio es un oligoelemento no metálico componente de la enzima Glutathion peroxidasa que tiene como función detoxificar los peróxidos lipídicos como inductor de antioxidantes, por el efecto prooxidante del selenio que induce la expresión del metabolismo redox que regula la eliminación de los radicales libres celulares (Hasanuzzaman *et al.*, 2010), este micronutriente es un importante

constituyente del sistema de defensa antioxidante a nivel de membranas y proteínas integrales logrando de esta forma una mejor calidad de las hortalizas (Cartes *et al.*, 2005). Aún cuando existen diversas evaluaciones de los diferentes compuestos antes mencionados, estas se han realizado de manera individual y con poca información relacionada con el efecto conjunto que provocan sobre el proceso de maduración y el consiguiente demérito de la calidad del fruto, debido a que este proceso determina las características relacionadas con la aceptación por parte del consumidor, así como del tiempo de consumo del producto, siendo la madurez y el reblandecimiento los principales atributos de perecibilidad en las frutas climatéricas, dado que al cabo de pocos días, se consideran no comestibles debido a la sobremaduración (Cuesta y Moncada, 2014; Osbay y Ergun, 2015). Es por todo lo anterior, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características fisicoquímicas de calidad en frutos de jitomate.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Factores que influyen en las características bioquímicas de jitomate

2.1.1 Influencia del estado de madurez

La composición de antioxidantes presente en jitomate se encuentra determinada por el proceso de maduración del fruto; en este fenómeno bioquímico se condicionan cambios metabólicos, modificaciones de aspecto y atributos de calidad. En las alteraciones metabólicas se inducen cambios en los contenidos de las clorofilas y carotenoides. Donde, generalmente, el curso de ambos compuestos (dentro y fuera de la planta) consiste en que las clorofilas son degradadas y se desencadena el proceso de carotenogénesis, que consiste en incrementar el contenido de carotenoides; en específico, de licopeno, el cual se encuentra directamente relacionado con el grado de madurez del fruto (Solovchenko *et al.*, 2005).

Durante el inicio del proceso de madurez, los cloroplastos están completamente saturados de clorofila, localizada en las granas; en especial, en las laminillas, formando un conglomerado esférico en forma de cristales unidos a lípidos, lipoproteínas, proteínas y a veces carotenoides (Bartley y Scolnik, 1995). La transición a los diferentes estados de madurez se denota por el cambio de coloración, dando como resultado el cambio de cloroplastos a cromoplastos. Asimismo, la maduración es un proceso complejo y genéticamente programado que puede resultar en modificaciones considerables del fruto en color, textura, olor, sabor y aroma (Giovannoni, 2004).

Parte de los cambios relacionados con la maduración se encuentran determinados por la velocidad respiratoria de los frutos, la cual puede considerarse como un índice de los cambios de composición. A mayor velocidad respiratoria, mayores cambios en la composición; el episodio respiratorio en el cual la maduración del fruto culmina fuera de la planta y conviene recolectarlos

antes de su maduración se conoce como climaterio; un ejemplo de frutos climatéricos es el jitomate. De ahí que, con relación al proceso de maduración, Ortega *et al.* (2004) definieron la siguiente clasificación para la recolección del fruto del jitomate:

- *Madurez de consumo*: momento en el que se alcanzan las mejores características organolépticas y el fruto es más adecuado para su consumo.
- *Madurez comercial*: momento en que la fruta debe ser colectada y, en general, es un periodo anterior a la madurez gustativa o de consumo.
- *Madurez fisiológica*: cuando las semillas del fruto han evolucionado lo suficiente para que sean viables.

De acuerdo con la relación del grado de madurez y el contenido de antioxidantes, se estima que en un jitomate maduro el contenido de licopeno oscila entre el 80-90 % de los carotenos totales; siendo, además, el que presenta un mayor efecto protector en contra de los radicales libres (Voutilainen *et al.*, 2006); mientras que los jitomates cosechados en estadios de madurez verdes tienen bajos contenidos de licopeno.

Los diferentes estadios de madurez (verdes, amarillos, rojo claro y rojo) se relacionan con la composición de compuestos antioxidantes; así, por ejemplo, la luteína se mantiene constante en las dos primeras etapas; mientras que el β -caroteno se incrementa en jitomates amarillos (Böhn, 2004).

Abushita *et al.* (1997) analizaron los contenidos de ácido ascórbico, β -caroteno y tocoferoles en jitomates y mencionan que el contenido de ácido ascórbico es más alto en frutos verdes y se reduce conforme la maduración de los frutos. En contraste β -caroteno, α y β tocoferoles se incrementan con la madurez; mientras que los γ - tocoferoles presentan los mayores contenidos en frutos amarillos.

2.1.2 Influencia de las condiciones ambientales

Los factores varietales y ambientales pueden incidir sobre la composición química del jitomate (Abushita *et al.*, 1997). Se han encontrado diferencias consistentes en las concentraciones de licopeno de jitomates de diversas variedades que, de acuerdo con las condiciones ambientales, como la temperatura e intensidad de luz, influyen directamente sobre la desnaturalización o acumulación de licopeno. Específicamente, los precursores del licopeno son inhibidos a temperaturas por debajo de 12°C y por encima de 32°C; el intervalo más favorable para la producción de licopeno se encuentra entre 22 y 25°C (Böhn, 2004).

Adicionalmente a las condiciones de temperaturas, las humedades extremas también influyen reduciendo los contenidos de licopeno. De acuerdo con Nguyen y Schwartz (1999), el licopeno es susceptible a la oxidación por su exposición a la luz y pH extremos, presentando una mayor estabilidad en la matriz del jitomate.

Los fertilizantes con diferentes proporciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) también muestran un incremento en las concentraciones de licopeno (Zhang *et al.*, 2006). Haukioja *et al.* (1998) señalan que cuando la disponibilidad de N es limitada, se puede afectar el balance de C/N en las plantas y se limitan también procesos metabólicos, incluyendo metabolitos secundarios, como compuestos fenólicos y terpenoides. También se considera que la biosíntesis de los carotenoides se encuentra altamente influenciada por la intensidad de luz solar; así, en sistemas de cultivo con sombra, puede verse afectado el contenido de licopeno, lo mismo en sistemas en cielo abierto, donde los frutos son expuestos a altas temperaturas.

Por otra parte, Merzlyak y Solovchenko (2002) consideran que las clorofilas pueden influir sobre la degradación de algunos carotenoides durante su exposición a la luz; es decir, los carotenoides pueden presentar una mayor estabilidad a la luz en ausencia de estos pigmentos. Particularmente, López *et al.* (1996) señalan que las limitaciones de azufre en plantas de jitomate pueden

afectar el color y causar alteraciones en el proceso fotosintético, inhibiendo, en específico, la biosíntesis de licopeno.

De acuerdo con lo reportado por Ferrer-Dubois *et al.* (2013), una buena alternativa para incrementar el contenido total de compuestos polifenólicos y flavonoides, puede presentarse en frutos de jitomate irrigados con agua magnéticamente tratada (MTW); este hallazgo tiene particular importancia desde el punto de vista nutricional y clínico, directamente relacionados con el consumo de jitomate.

2.2. Retardantes de madurez de fruto

A lo largo del tiempo se han estudiado diferentes métodos para disminuir los efectos negativos del etileno en los productos agrícolas, actualmente existe una gran cantidad de tecnologías y procedimientos que cumplen dicho propósito, donde se incluye el almacenamiento a bajas temperaturas, atmósferas modificadas y controladas, aplicación de promotores de crecimiento como auxinas y ácido giberélico, calcio, entre otros. Sin embargo, gracias a su eficiencia, los retardantes químicos de madurez han sido utilizados con gran éxito en pre y poscosecha, Por su modo de acción, los retardantes químicos se pueden clasificar en inhibidores de la síntesis del etileno, donde se incluyen productos como aminoetoxivinilglicina (AVG) y ácido aminooxiacético (AOA) (Taiz y Zeiger, 2006), que bloquean la conversión de AdoMet a ACC, mientras que el ión Co^{+2} bloquea la ACC-oxidasa. Por otro lado, el ión plata (Ag^+) inhibe fuertemente la acción de etileno, anulando sus efectos como se ha demostrado en la preservación de pétalos de varias especies florales. Otros ejemplos son compuestos volátiles que compiten por el sitio del receptor de etileno, anulando igualmente su acción en forma inespecífica y no bien determinada; altos niveles de CO_2 bajo condiciones de almacenamiento parece igualmente reducir el nivel de etileno; inhibidores de la acción del etileno como el 1-metilciclopropeno (1-MCP), las sales de plata (nitrate y tiosulfato de plata) y el norbornadieno (Serek *et al.*, 2006), y por último, están los oxidantes de etileno que se encargan de

eliminarlo del ambiente, el producto más importante es el permanganato de potasio (Wills y Warton, 2004) soportado en diferentes materiales como alúmina o zeolitas (Vélez *et al.*, 2007), cuyas formulaciones líquidas y sólidas son comúnmente utilizadas para la oxidación de etileno; el ozono es otro compuesto que funciona como un efectivo oxidante y algunos absorbentes inertes como ciertas arcillas tratadas pueden ayudar a su control (Kays, 2004).

2.2.1 Ácido giberélico

Taiz y Zeiger (2006), indican que el ácido giberélico puede favorecer el cuajado y crecimiento de algunos frutos como por ejemplo manzanas, además promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructosa y sacarosa, con lo que se originan moléculas de fructosa y glucosa, que contribuyen a la formación de la pared celular

Para aumentar el tamaño de los frutos se han utilizado comercialmente aplicaciones foliares de ácido giberélico (Facteau *et al.*, 1992). También se ha encontrado que esta hormona retrasa la maduración, aumenta la firmeza de la pulpa e incrementa del contenido de sólidos solubles (Facteau *et al.*, 1992).

El ablandamiento en frutos de jitomate es atribuido al incremento en los niveles de celulasa y poligalacturonasa. La aplicación exógena de ácido giberélico causa una reducción en la actividad de la celulasa y bloquea, casi totalmente, el incremento en la actividad de la poligalacturonasa. La tasa de ablandamiento en frutos de jitomate se ve disminuida por este efecto en casi la mitad en comparación con frutos no tratados (Babbit, 1973). Andrews y Shulin (1995) reportan que el ácido giberélico disminuye la actividad de la poligalacturonasa y pectinmetilesterasa, enzimas hidrolíticas que se encuentran en la pared celular e interviniendo en el ablandamiento de los frutos, manteniendo la firmeza mediante la disminución de sus actividades.

Una mayor firmeza y un retraso en la maduración por acción de las giberelinas fue encontrado por Facticeau *et al.* (1992). Con el uso de ácido giberélico al momento de la cosecha la firmeza del fruto es mayor, se disminuye la tasa de maduración y respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002). Para Retamales *et al.* (1995), es importante encontrar una alternativa de uso adecuada de aplicación (dosis y épocas) para las giberelinas, ya que pueden presentar algunos efectos indeseables como: reducción en la fertilidad de las plantas, aumento del vigor y mayor susceptibilidad de los frutos a las pudriciones.

Kataoka *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre el contenido de azúcares y tamaño del fruto, los resultados indicaron que la adición de ácido giberélico aumentó el peso del fruto y el contenido de azúcares, de tal manera que con 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico se obtuvo mayor contenido de sacarosa, glucosa, fructosa y azúcares totales. Además, los frutos tratados con la fitohormona presentaron en la maduración mayor espesor del pericarpio y área de las células respecto al testigo. Estos autores también mencionan que altas concentraciones de ácido giberélico después de la anthesis pueden aumentar la translocación de azúcares al fruto, pero que el tamaño y la concentración final de azúcares pueden además depender de otros factores.

Del mismo modo, estas aplicaciones de ácido giberélico pudieron modificar la relación fuente/ demanda aumentando la fuerza de las demandas para aumentar la producción de jitomate y el tamaño de los frutos. Al respecto, se entiende que la habilidad de un órgano demanda para importar asimilados es conocida como fuerza de demanda (Ho, 1988), esta fuerza es producto del tamaño y la actividad de demanda (Baldet *et al.*, 2006). Se podría pensar que el ácido giberélico al menos aumentaría el tamaño de los frutos de jitomate y de esta manera incrementaría la fuerza de demanda. Lo anterior debido a que esta hormona aumenta los procesos de división y elongación celular (Taiz y Zeiger, 2006), procesos que en conjunto pueden resultar en frutos de mayor tamaño.

En frutos de pepita, el ácido giberélico es el responsable de la fuerza de vertedero (Zhang *et al.*, 2007), lo cual genera un aumento en la translocación de agua y carbohidratos hacia el fruto. Zhenming *et al.* (2008) determinaron que con 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico se aumentó la absorción de K en frutos de uva, esto podría indicar que en jitomate una mayor absorción de K en los frutos generaría aumento en la translocación de azúcares que aumentarían el tamaño de los mismos.

Laiton *et al.* (2012) refieren que aplicaciones altas de ácido giberélico no favorecen la producción y tamaño de los frutos de jitomate, con 1.00 y 10.00 mg L⁻¹ de ácido giberélico evidenciaron una disminución en la producción total y extra y un aumento en general de las categorías de frutos de menor tamaño. En concordancia, Gustafson (1960) encontró que esta hormona disminuyó el tamaño de los frutos en jitomate.

El resultado obtenido con la aplicación del ácido giberélico no es muy claro porque su acción fisiológica sobre los frutos de jitomate puede tener efectos diferentes, por ejemplo, puede disminuir la acumulación de SST porque retrasa la maduración y la respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002), además, esta hormona puede aumentar la cantidad de agua en los frutos (Usenik *et al.*, 2005) para aumentar la elongación de las células (Taiz y Zeiger, 2006), lo cual puede generar una dilución en los SST (Amézquita *et al.*, 2008), sin embargo, de manera contraria a lo anterior, el ácido giberélico también tiene la capacidad de estimular la degradación del almidón en azúcares solubles, proceso que aumentaría los SST.

Con el uso de ácido giberélico al momento de la cosecha la firmeza del fruto es mayor, se disminuye la tasa de maduración y respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002), por tanto, se esperaba que por lo menos con una dosis de ácido giberélico se obtuviera estadísticamente mayor firmeza, sin embargo, es posible que el efecto no fuera significativo porque el híbrido utilizado de jitomate larga vida se caracterizó por presentar alta firmeza y baja tasa de ablandamiento en

poscosecha, lo cual probablemente disminuyó el efecto del ácido giberélico aplicado.

Al respecto, Facticeau *et al.* (1992) encontraron que esta hormona retrasa la maduración, aumenta la firmeza de la pulpa e incrementa el contenido de sólidos solubles. Andrews y Shulin (1995) establecieron que el ácido giberélico disminuye la actividad de la poligalacturonasa y pectinmetilesterasa, enzimas hidrolíticas que se encuentran en la pared celular y que intervienen en el ablandamiento de los frutos.

Laiton *et al.* (2012) encontraron que la aplicación precosecha de ácido giberélico en frutos de jitomate presentó una respuesta favorable en la firmeza de los frutos, sin embargo, esta respuesta no fue estadísticamente superior al testigo. La aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico generó la mayor producción de calidad extra, primera, un considerable rendimiento total y una baja producción de las calidades correspondientes a frutos de menor tamaño (cuarta, tercera y segunda), y fue la dosis que más favoreció la producción de frutos de mayor tamaño. La aplicación de ácido giberélico no produjo un efecto negativo en la calidad poscosecha de los frutos de jitomate, pues no cambió significativamente la pérdida de masa, los sólidos solubles totales y la firmeza de los frutos de jitomate.

El ácido giberélico no reduce la síntesis de etileno sin embargo influye regulando su actividad y su producción bajo condiciones de estrés, asimismo retrasa la degradación de las paredes celulares. Este ácido a diferencia del etileno disminuye la degradación catabólica de la clorofila (Salisbury, 1992)

2.2.2 Etanol

El etanol es un compuesto natural producido por los tejidos vegetales bajo condiciones de anaerobiosis. Se puede aplicar sumergiendo la fruta en una solución de etanol, resultando un medio eficaz de control de la descomposición

de frutos y su aplicación en concentraciones altas inhibe la maduración (Lichter *et al.*, 2002). En frutos de jitomate se ha probado la aplicación de vapores de etanol durante 3 horas logrando así una disminución en la producción de dióxido de carbono (CO₂), etileno (C₂H₄), la síntesis de licopeno y la pérdida de clorofila, demostrando que este alcohol inhibe la acción y síntesis de etileno.

Ayala *et al.* (2005) encontraron que en fresas tratadas con metil jasmonato y etanol mantuvieron la calidad durante el almacenamiento y mantuvieron niveles más altos de compuestos volátiles; también, las bayas tratadas mostraron la mayor capacidad antioxidante en comparación con otros tratamientos durante el período poscosecha.

Tratamientos con alcohol etílico absoluto (etanol, 400 µL l⁻¹), aumentaron el contenido total de sólidos solubles en las fresas almacenadas a 7.5 °C. Sin embargo, la combinación MJ-ETOH y los tratamientos MJ mantuvieron niveles similares de sólidos solubles totales que las muestras iniciales al comienzo del experimento. Los sólidos solubles totales disminuyeron en las muestras de control durante el almacenamiento. El agotamiento de los SST en los controles podría explicarse por un alto metabolismo de los procesos de la fruta y la senescencia. Lichter *et al.* (2002) lograron mantener la calidad durante un período de almacenamiento en frío durante más de 5 semanas, en bayas de uva tratadas con etanol al 70 %, sin afectar la apariencia del racimo, la floración de las bayas o la firmeza de las bayas y mejorando las características organolépticas

2.2.3. Yodo

El yodo es el halógeno menos abundante, presentándose en la corteza terrestre con una concentración de 0.14 ppm, mientras que en el agua de mar su abundancia es de 0.052 ppm. El yodo se obtiene a partir de los yoduros, I⁻, presentes en el agua de mar y en algas, o en forma de yodatos, IO₃⁻ partir de los nitratos. Es requerido como elemento traza para la mayoría de los organismos vivos. Pero uno de los descubrimientos más importantes donde se incorpora

el elemento yodo a la agricultura se hace en a finales de la década de los 80s (Rodríguez, 2003), encontrando que el yodo puede ser muy manejable en plantas. El yodo es un activador fisiológico usado como alternativa para modificar la productividad de las plantas, esto debido a que modifica la síntesis de clorofila (pigmento responsable de capturar la energía solar) y con ello la posibilidad de poder cambiar positivamente el proceso de fotosíntesis de las plantas. Existen evidencias de efectos positivos en la calidad de frutos con el uso de medios nutritivos que llevan de 0.5-1.0 ppm de yodo en plantas como frijol (Loué, 1988).

El producto Q-2000 Plus comercializado por Quimcasa (2008) representa una alternativa para la producción agrícola. Considerándose un activador fisiológico, característica que los otros yodoforos del mercado no presentan, la cual consiste en estimular a través de una ruta metabólica, la síntesis de clorofila y otros pigmentos.

Vidales (2008) en aguacate, logro incrementos en el rendimiento mediante aplicaciones de Q-2000, en aplicaciones al follaje a una dosis de 3 ml L⁻¹ y aplicaciones al suelo (raíz) a una dosis de 1 ml L⁻¹, teniendo frutos de mejor calidad en poscosecha se puede comercializar mejor y tener mayores utilidades.

El yodo es considerado un poderoso activador de la actividad fotosintética en las plantas tratadas al concentrar mayor cantidad de pigmentos receptores de energía lumínica y con ello la planta se ve favorecida en su tasa de asimilación neta diaria (Fotosíntesis-respiración). Las hojas con mas clorofila presentan una mayor tasa fotosintética y un mayor consumo de C, H y O, elementos que representan el 96 % de la materia seca, analizando la eficiencia fisiológica de la planta, el efecto de activación de plantas se da de una forma integral y equilibrada. Las dosis recomendadas para un buen efecto fisiológico del Q 2000 Plus es de 2.5 a 4 ml.l-1 con un pH de agua de 6.0 a 6.5. Se recomienda hacer aplicaciones en base a las características del cultivo y la etapa de desarrollo (Rodríguez, 2003).

La alta actividad fotosintética promueve la acumulación de azúcares y carbohidratos despertando las yemas florales y vegetativas aún fuera de temporada en frutales como durazno, aguacate y mango (Buchanan *et al.*, 2000).

2.2.4 Selenito de sodio

Entre los micronutrientes el selenito de sodio es un componente de la enzima Glutathion peroxidasa que tiene como función detoxificar los peróxidos lipídicos como inductor de antioxidantes, ocurre por el efecto prooxidante del selenio que, cuando se encuentra en baja concentración, induce la expresión del metabolismo redox que regula la eliminación de los radicales libres celulares (Hasanuzzaman *et al.*, 2010), Es, además, un importante constituyente del sistema de defensa antioxidante. sobre todo en el ámbito de la peroxidación de membranas y proteínas integrales logrando de esta forma una duración mayor de la vida útil de las hortalizas (Cartes *et al.*, 2010).

El selenio es un micronutriente, un oligoelemento no metálico. Es un componente de sustancias (enzimas y proteínas) que desempeñan funciones en el metabolismo y actúa como antioxidante retrasando el proceso de senescencia (Borghi, 2010).

Djanaguiraman *et al.* 2005, trataron plantas de soja con selenio aumentando la actividad antioxidante, presentándose una disminución de enzimas antioxidantes en 90 días después de la siembra mucho más rápida en las plantas de control que las plantas tratadas con selenio, logrando mayor vida útil en las últimas, esto debido a la propiedad del selenio de contrarrestar el estrés oxidativo relacionado con la senescencia.

Pezzarossa *et al.* (2012) aplicaron selenato a una dosis de 0.1 y 1.0 mg de Selenio L⁻¹ via foliar en melocotón. El tratamiento de Se afectó la vida útil de la

fruta, retrasando la reducción en la firmeza de la pulpa y la maduración, lo que afectó positivamente en la calidad poscosecha de la fruta.

2.2.5. Prohexadiona de calcio (P-Ca)

La prohexadiona de calcio tiene una estructura parecida al ácido 2-oxoglutárico, el sustrato de dioxigenasas, que catalizan las reacciones de la etapa III de la formación de giberelinas. Específicamente, P-Ca bloquea GA20 3 β -hidroxilasa inhibiendo la formación de giberelinas biológicamente activas y formando precursores inactivos (Rademacher, 2000; Rademacher *et al.*, 2006), interviene en rutas biosintéticas de metabolitos secundarios aumentando la capacidad antioxidante (Gosch *et al.*, 2003; Roemmelt *et al.*, 2003), actúa como inhibidor de la síntesis de etileno (Rademacher *et al.*, 2006; Rademacher, 2014), además interfiere en el metabolismo de flavonoides (Rademacher, 2014). Se absorbe principalmente a través de las hojas y su translocación es principalmente acropétala y en menor grado basipétala con un período de actividad biológica dentro de 10 a 14 días (Evans, 1997).

Los principales efectos de la prohexadiona de calcio son la reducción en la tasa de crecimiento de los brotes tiernos retardando el crecimiento de las plantas al hacer lenta la división y elongación celular regulando de manera fisiológica la altura de las plantas sin causar deformaciones en hojas o tallos (Padilla *et al.*, 2017), retraso en las etapas de senescencia y maduración del fruto, incremento en el porcentaje de amarre del fruto lo cual favorece amarre de fruto evitando la abscisión, y reducción en la incidencia de la mancha de fuego (*Erwinia amylovora*). Se han estudiado sus efectos en algunos cultivos como manzana y cereales (Rademacher, 2000).

Respecto al efecto de la Prohexadiona del calcio sobre el crecimiento de las plantas, se ha reportado una reducción del crecimiento vegetativo de árboles de mango 'Ataulfo' entre 18 a 41 % Pérez *et al.* (2016) y en manzano, Ramírez *et al.* (2003) se ha observado un incremento en la producción de fruto por árbol con la

aplicación de prohexadiona-Ca y mayor firmeza de los frutos cosechados (Padilla *et al.*, 2017).

2.3. Aceleradores de la madurez

2.3.1 Maduración de frutos.

La falta de sincronización del proceso de maduración presenta serios problemas logísticos y económicos para la agroindustria, aún contando con el mejoramiento genético y las más avanzadas prácticas agronómicas (Mc. Glasson, 1985).

Yang (1980) considera que existen cuatro niveles donde la regulación del etileno resulta eficiente en el control de la maduración: 1) controlando los niveles de la hormona en el tejido mediante su adición o remoción, 2) Regulando los niveles, en el tejido, mediante la inhibición o estimulación de su biosíntesis, 3) Modificando las características y número de receptores de la hormona, 4) Modificando la expresión génica del fruto (incorporación genes *rin* o *nor*).

En frutas como jitomate (*Solanum lycopersicum*, cv. VFNT Cherry), se ha demostrado la producción de etileno los tejidos y la explosión de este, no solo durante la maduración, cuando la fruta se torna de verde a roja, sino también en diversas fases tempranas de desarrollo (Ishida, 2000).

2.3.2 Aplicación de etileno exógeno (etefón)

Yang (1980) menciona que el C₂H₄ es una hormona que regula aspectos relacionados con el crecimiento, la maduración y la senescencia, especialmente de frutos climatéricos. En estos frutos la manipulación de la biosíntesis del etileno puede promover o inhibir la maduración.

El etileno exógeno acelera la maduración en bananas (*Musa sapientum* L.), kiwi (*Actinidia chinensis* 'Sanuki Gold'), mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Kensington Pride'), mientras en jitomate común (*Solanum lycopersicum* var. *commune*) no induce el proceso (Saltveit, 1999).

El aumento en la concentración de C_2H_4 , en frutos climatéricos, como el jitomate, es autocatalítico por lo tanto una adición exógena de etileno sirve de mecanismo de disparo para el proceso de maduración. La aplicación exógena promueve la conversión de ácido (ACC) a ácido malonil 1 -aminociclopropano 1 -carboxílico (MACC) provocando un adelanto en la respiración climatérica que será proporcional a la concentración de etileno aplicada. A nivel comercial el tratamiento de maduración para frutos de jitomate consiste en la aplicación de $100-150 \mu l \cdot l^{-1}$ de C_2H_4 durante 24-48 h a $20-25 \text{ }^\circ\text{C}$ y 85-90 % de humedad relativa. La aplicación se efectúa dentro de una cámara hermética mediante un generador de etileno y un sistema de flujo continuo o intermitente (Hamdenhurg, 1986)

Se ha visto la gran conveniencia de aplicar etileno a frutos de varias especies para incrementar significativamente su tamaño; así pueden ser cosechados antes y ser enviados a zonas de consumo con mejores precios de temporada. La posibilidad de contar con etileno en formas solubles en agua (ácido 2-cloroetilfosfórico) facilita la dosificación y aplicación de este gas y por otro lado evita peligro por contaminación a otros cultivos. A pesar de las ventajas anteriores, la alta productividad de algunos cultivos implica sin embargo la necesidad de programar la recolección o cosecha en forma simultánea (con igual demanda de mano de obra), generando una repentina sobreoferta en el mercado con consiguiente baja de precios. Adicionalmente se deben considerar pérdidas por partidas con sobre madurez o conjuntamente por efectos de contaminación microbiana.

Existen muchos compuestos y métodos que inhiben la acción o la biosíntesis de etileno como: la aminoetoxivinilglicina (AVG), el ácido aminoetoxiacético (AOA) (8), el ácido α - aminoisobutírico (AIBA), los iones de plata, libres (ioxinil, broinoxinil, 3,4,5 triclorofenol, n-propilgallate, ácido nordihidrogauaiareico, benzoato de sodio), etanol, las atmósferas con bajos niveles de oxígeno, las poliaminas (putrecina, espermidina, espermina) y los desacoplantes (29, 30, 34).

La posibilidad de utilizar muchos de ellos a nivel comercial en productos comestibles es remota, por desconocerse con exactitud su implicación sobre la salud humana (Suslow, 1997).

2.3.3 Cloromequat

En peral se requiere el uso de cicocel (cloromequat) para lograr una temprana floración. Una de las características que más se ha buscado modificar en el desarrollo del jitomate, donde se obtenga una menor altura y mayor compactación, permitiendo usar diferentes densidades con menor acame; se ha tenido éxito con cloromequat; este fitorregulador determina plantas de pote bajo y compacto, resistentes al estrés tanto del transplante como de la sequía y alcance.

El cloromequat provoca un aumento en el contenido de fósforo en el tallo del jitomate, sin afectar el contenido de nitrógeno, potasio y magnesio. En flores ha aumentado la cantidad de flores y la precocidad en algunos casos; una concentración de 1000 ppm reduce la altura de la planta de jitomate, pero descendió el rendimiento, tal vez debido a la ausencia de factores climáticos negativos. Se atribuyen los efectos positivos del cloromequat sobre el rendimiento, resistencia al acame, al estrés por sequía donde se mejora el color y el número de flores.

En muchos casos el aumento en el rendimiento de la papa se logra por tratamientos al propágulo, lo cual se debe a que el número de tubérculos por planta está relacionado directamente con el número de tallos, mismo que está determinado por el número de yemas brotadas en la papa "semilla"; el cloromequat induce retardo en el alargamiento de los tallos aéreos y un aumento en el rendimiento en tubérculos, esto aplicado a los 49 y 64 días de la siembra.

Cloromequat ha sido usado con éxito en la producción de papa para inducir retardo en el alargamiento con aumento en el rendimiento en tubérculos aplicado a los 49 y 64 días de la siembra. La aplicación de cloromequat a 1000 ppm determinó

reducción en altura de la planta, aumento en el grosor del tallo y en el rendimiento de tubérculos de modo estadísticamente significativo; el peso seco del tubérculo no sufrió aumento. (Panelo *et al.*, 1992)

2.3.4 DPC (cloruro de N,N-dimetil piperidina)

Otro producto que presenta perspectivas interesantes es el cloruro de N,N-dimetil piperidina [DPC], su uso está recomendado solamente en algodón (Heilman 1985) para reducir la altura de las plantas y aumentar los rendimientos por unidad de superficie (Morandi *et al.*, 1984).

El aumento en los rendimientos logrados por el uso de este regulador es debido a la mejora en la redistribución de energía entre la hoja y el tallo, promoviendo el desarrollo del fruto, su retención e incremento del peso (Edmisten, 1995; Landivar y Benedict, 1996). Otros efectos son reducción del tamaño de la hoja, acortamiento de los entrenudos del tallo principal, de las ramas fructíferas y, por consiguiente, mejor distribución de la radiación en el interior del canopeo (Kerby y Keely, 1974)

2.3.5 Brasinoesteroides

En los años 70 se descubrió que extractos de polen de nabo (*Brassica napus*) promovían la elongación de internudos en plántulas de poroto (frijol). De aproximadamente 40 Kg de polen de *B. napus* se pudieron aislar 4 mg de un compuesto cristalino activo inductor de crecimiento, lo cual llevó al aislamiento e identificación del primer compuesto esterooidal de carácter hormonal, la brasinolida (BL) en 1979, castasterona (CS) en 1982 y posteriormente muchos otros compuestos afines. Para el año 2003 se habían determinado alrededor de 60 brasinoesteroides (BRs) en diversas especies vegetales terrestres y marinas. Diferentes BRs fueron encontrados en brotes apicales y tejidos vegetativos activos de plantas jóvenes como también en semillas de un gran número de especies herbáceas y arbustivas (Bajguz and Tretyn 2003). Una serie de trabajos paralelos evidenciaron un conjunto de efectos estimulados por estos

compuestos; entre ellos, activación de bombas de protones, reorientación de microfibrillas de celulosa, xilogénesis, la generación de tejido embriogénico y la producción de etileno. De allí que a partir de Mandava (1988), se empezó a considerar a los BRs como otro grupo de hormonas vegetales endógenas, únicos de tipo esteroidal y esenciales para el crecimiento normal de las plantas.

En relación a efectos asociados a etileno, BRs pueden acelerar la madurez y senescencia aumentando la productividad de algunos cultivos. Así, aplicaciones de BRs sobre el pericarpio de jitomate, aceleran la madurez del fruto con producción de etileno, licopeno y reducción de clorofila (Vardhini and Rao 2002).

2.4 LITERATURA CITADA

- Abushita, A. A., Hebshi, E. A., Daood, H. G., and Biacs, P. A. (1997). Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry*, 60(2), 207-212.
- Amézquita, N., Balaguera-López, H. E., y Álvarez- Herrera, J. G. (2008). Efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y calcio en la producción, calidad y rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(2), 133-144.
- Andrews, P. K., and Shulin, L. (1995). Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimacteric sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *J. Horticultural Science*, 70 (4), 561-567.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., and Gonzalez-Aguilar G. A. (2005). *European Food Research and Technology*, 221(6), 731-738.
- Babbit, J. K.; Powers, M. J.; and Patterson, M. E. (1973). Effects of growth-regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color and texture of ripening tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 98 (1), 77-81
- Baldet, P., Hernould, M., Laporte, F., Mounet, F., Just, D., Mouras, A., Chevallier, C., and Rothan, C. (2006). The expression of cell proliferation related genes in early developing flowers is affected by a fruit load reduction in tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, 57, 961-970.
- Bartley, G. E., and Scolnik, P. A. (1995). Plant carotenoids: Pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. *The Plant Cell*, American Society of Plant Physiologists, 7, 1027-1038.

- Böhn, V. (2004). Effects of agronomic practices and processing conditions on tomato ingredients. In Dris, R., and Jain, S. M. (Eds.). Production practices and quality assessment of food crops. Netherlands. Editorial Kluwer Academic Publishers. 285p.
- Borghl, Alicia. (2010). Sanar: Salud y vida nueva. ¿Para qué sirve el selenio? Propiedades y toxicidad.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., and Jones, R. L. (2000). Biochemistry and molecular biology of plant. The American Society of Plant Physiologists, 1102-1154.
- Cartes, P., Jara, A. A., Pinilla, L., Rosas, A., and Mora, M. L. (2010). Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots. *Annals of Applied Biology*, 156, 297-307.
- Choi, C., Wiersma, P. A., Toivonen P., and Kappel. F. (2002). Fruit growth, firmness and cell wall hydrolytic enzyme activity during development of sweet cherry fruit treated with gibberellic acid (GA3). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(5), 615-621.
- Facteau, T. J., Chestnut, N. E., Rowe, K. E., and Payne, C. (1992). Brine quality of gibberellic acid-treated 'Napoleon' sweet cherries. *Horticultural Science*, 27, 118-122.
- Ferrer-Dubois, A., Fung-Boix, Y., Isaac-Alemán, E., and Novea-Colás, I. (2007). Micropropagación de cafeto con campos magnéticos: una alternativa para la conservación de recursos fitogenéticos. *Ciencia en su PC*, 1, 42-53
- Giovannoni, J. J. (2004) Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell*, American Society of Plant Physiologists, 16, 170-180.
- Gustafson, F.G. (1960). Influence of gibberellic acid on setting and development of fruits in tomato. *Plant Physiology*. American Society of Plant Biologists, 35(4), 521-523.
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M.A., and Fujita, M. (2012). Exogenous selenium pretreatment protects rapeseed seedlings from cadmium-induced oxidative stress by upregulating antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems. *Biological Trace Element Research*, 149, 248-261.
- Haukioja, E., Ossipov, V., Koricheva, J., Honkanen, T., Larsson, S. and Lempa, K. (1998). Biosynthetic origin of carbon based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? *Chemoecology*. 8, 133-139.

- Ho, L. C. (1988). Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 39, 355-378.
- Kataoka, K., Yashiro, Y., Habu, T., Sunamoto, K., and Kitajima A. (2009). The addition of gibberellic acid to auxin solutions increases sugar accumulation and sink strength in developing auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. *Scientia horticulturae*, 123, 228-233.
- Kays, S. J., and Paull, R. E. (2004). *Postharvest Biology*. Exon Press, Athens, Georgia, USA. 568 p.
- Laiton, G. A., Almanza, M. P. J., and Balaguera, L. H. E. (2012). Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 6 (2), 183-195.
- Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonogo, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P. and Ben-Arie, R. (2002) Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 301-308
- Lopez, J., Tremblay, N., Voogt, W., Dub, S.; and Gosselin, A. (1996). Effects of varying sulphate concentrations on growth, physiology and yield of the greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae*, 67(3), 207-217.
- Loué, A. (1988). Los microelementos en la agricultura. Versión española de Alonso Domínguez Vivancos. Ediciones Mundi-Prensa. 217-218.
- Merzlyak, M. N., Solovchenko, A. E., and Chivkunova, O. B. (2002). Patterns of Pigment Changes in Apple Fruits during Adaptation to High Sunlight and Sunscald Development, *Journal of Plant Biochemistry and Physiology*, 40, 679-684.
- Nguyen, M. L. and Schwartz, S. J. (1999). Lycopene: chemical and biological properties. *Journal of Food Technology*, 53(2), 38-45.
- Ortega, A., Basabe, T., and Sobaler, L. (2004). *Frutas, hortalizas y verduras*. J. Bartrina-Aranceta., and C. Rodrigo-Pérez, (Eds). *Frutas y verduras y salud*. España. Editorial Elsevier. 268p.
- Retamales, J., Cooper, T., Bangerth, F., and Callejas, R. (1995). Effects of CPPU and GA₃ on fruit quality of Sultanina table grapes. *Acta Horticulturae*, 394, 149-157.
- Rodríguez, A. (2003). Importancia del Activador Fisiológico Q-2000 en Plantas.

- Salisbury, B. F., and Cleón W. R. (1994). Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamérica. México. pp. 395-411.
- Serek, M., Woltering, E. J., Sisler, E. C., Frello, S., and Sriskandarajah, S. (2006). Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level, *Biotechnology Advances*, 24,368-381.
- Solovchenko, A. E., Chivkunova, O. B., Merzlyak, M. N., Gudkovsky V. A. (2005). Relationships between chlorophyll and carotenoid pigments during on and off tree ripening of apple fruit as revealed non destructively with reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 9-17
- Taiz, L. and E. Zeiger. (2006). *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA. 782 p.
- Véles, L., Soto, H., Gavara, R., and Catalá, R. (2007). Efectividad de absorbedores de etileno en la conservación de platanos envasados. V Congreso Iberoamericano de Tecnología poscosecha y agroexportaciones. España. 333-341.
- Vidales, F. J. A. (2008). Investigación del Cultivo del Aguacate. Quimcasa. 8 p.
- Voutilainen, S., Nurmi, T., Mursu, J., and Rissanen, T. H. (2006). Carotenoids and cardiovascular health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1265-1271.
- Wills, R., and Warton, M. (2004). Efficacy of potassium permanganate impregnated into alumina beads to reduce atmospheric ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(3), 433-438.
- Zhang, T.; Chin, C., and Bruulsema, T. (2006). Fertigation boosts optimum nitrogen for tomatoes and peppers. *Better Crops*, 90(4), 8-10.

**III. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO
EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE BOLA.**

3.1. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio), un activador fisiológico (yodo) y un micronutriente (selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características de calidad en frutos de jitomate bola (*Solanum lycopersicum* L.). El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El diseño experimental fue completamente al azar. Las variables evaluadas fueron color, peso, diámetro ecuatorial y polar, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y licopeno. Entre los principales resultados, se encontró que la aplicación de 1 ml L⁻¹ de yodo afectó significativamente los componentes de color como la brillantez y tonalidad con valores de 37.87 y 85.54°, respectivamente, así como al contenido de sólidos solubles totales con 4.94 °Brix con una concentración de 3 ml L⁻¹. Por otro lado, la aplicación de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio incrementó el peso de fruto (150.85 g) y la concentración de licopeno con 20.61 mg mg 100 g⁻¹ con una concentración de 50 mg L⁻¹. Adicionalmente, el selenito de sodio a una dosis de 175 y 125 mg L⁻¹ resultó importante para la obtención de frutos con mayor firmeza y acidez con valores de 2.75 N y 0.35 % de ácido cítrico, respectivamente. En general el uso de biorreguladores, activadores fisiológicos y micronutrientes puede considerarse como una alternativa útil en el mantenimiento y expresión de algunos caracteres fisicoquímicos de calidad en fruto de jitomate durante su manejo poscosecha.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., manejo agronómico, retardante de crecimiento, firmeza, sólidos solubles totales, índice de redondez.

3.2 ABSTRACT

The aim this research was to evaluate the effect of the application of bioregulators of growth (ethephon, calcium prohexadione), a physiological activator (iodine) and a micronutrient (sodium selenite) with different concentrations on some quality characteristics in fruits of Tomato. The study was carried out in the Plant Breeding Department of the Autonomous University of Chapingo. The experimental design was completely random. The variables evaluated were color, weight, equatorial and polar diameter, roundness index, firmness, total soluble solids, titratable acidity and lycopene. Among the main results, it was found that the application of 1 ml L⁻¹ of iodine significantly affected the color components such as brightness and hue with values of 37.87 and 85.54 °, respectively, as well as the content of soluble solids. total with 4.94 °Brix with a concentration of 3 ml L⁻¹. On the other hand, the application of 200 mg L⁻¹ of prohexadione calcium increased the fruit weight (150.85 g) and the concentration of lycopene with 20.61 mg 100 g⁻¹ with a concentration of 50 mg L⁻¹. Additionally, sodium selenite at a dose of 175 and 125 mg L⁻¹ was important for obtaining fruit with greater firmness and acidity with values of 2.75 N and 0.35 % citric acid, respectively. In general, the use of bioregulators, physiological activators and micronutrients can be considered as a useful alternative in the maintenance and expression of some quality physicochemical characters in tomato fruit during their postharvest handling.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., agronomic management, growth retardant, roundness index, firmness, total soluble solids.

3.3 INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con mayor superficie cultivada a nivel mundial, y constituye un ingrediente esencial en la preparación de diversos platillos, tanto en fresco como procesado (Kiferle *et al.*, 2013) y representa el 30 % de la producción hortícola (Cuesta y Moncada, 2014). En México, con datos oficiales disponibles a 2016, su cultivo alcanza una superficie sembrada de 51,861.10 ha, donde se destacan los estados de Sinaloa (14,220.62 ha), Michoacán (6,946.93 ha), Zacatecas (3,096.98 ha) y Baja California (2,817.00 ha), con rendimiento promedio de 60.79 ton ha⁻¹ (SIAP, 2017), en la que predomina el uso de diversas estructuras de agricultura protegida (malla sombra e invernadero) (FIRA, 2016). Es muy frecuente la presencia de problemas poscosecha relacionadas con daños mecánicos, condiciones inadecuadas de manipulación y almacenamiento, transporte y empaques incorrectos, así como por las características fisiológicas del fruto (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Carrillo-López y Yahia, 2014).

El nivel de aceptación del consumidor final entre los diversos productos hortofrutícolas está ampliamente correlacionado con el adecuado desempeño de sus características físicas externas del producto (color, firmeza y apariencia visual) (Beckles, 2012), y en el caso particular del fruto de jitomate, su mayor consumo se presenta cuando éste ha alcanzado su máxima calidad organoléptica, es decir, cuando la epidermis del fruto ha cambiado a una tonalidad roja, pero sin observarse cambios excesivos en su textura (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008; Cuesta y Moncada, 2014), es por ello que el productor considera importante desde el punto de vista técnico y comercial, mantener o retrasar estos cambios el mayor tiempo posible (De la Rosa-Rodríguez *et al.*, 2016), ya que el fruto de jitomate se caracteriza por ser altamente perecedero, debido a que produce etileno e incrementa su sensibilidad al etileno exógeno (Jiang *et al.*, 2011); por lo que es común el uso de temperaturas de almacenamiento entre 10 y 12 °C (Padrón *et al.*, 2012), por su efecto directo sobre la disminución del contenido de clorofila, incremento de

licopeno, liberación de volátiles e hidrólisis de pectinas y hemicelulosas, así como en el desarrollo de pudriciones (López-Camelo *et al.*, 2003; Figueroa-Cares *et al.*, 2018), sin embargo, su uso es limitado debido a que el costo de mantenimiento de infraestructura es elevado (Becvort-Azcurra *et al.*, 2012).

En la actualidad, los reguladores del crecimiento (fitohormonas) de origen natural o sintéticos (Ramírez *et al.*, 2010; Osbay y Ergun, 2015), son empleados de manera importante en la agricultura, en las que se obtienen diversos efectos como control del crecimiento vegetativo, cuajado de fruto, incremento brotación de yemas florales, entre otros y son una herramienta complementaria del manejo agronómico y que coadyuvan al incremento en la productividad de los cultivos (Ramírez *et al.*, 2008), sin embargo, existen otros compuestos de diverso origen natural que aplicados en bajas concentraciones promueven, inhiben o modifican el comportamiento de los procesos morfológicos y fisiológicos en las plantas (Dhall y Singh, 2013; Ramírez *et al.*, 2017), donde la maduración es uno de los procesos fisiológicos que más atención recibe, por su enorme impacto sobre las características intrínsecas de calidad de los productos hortofrutícolas durante su manejo poscosecha (De la Rosa-Rodríguez *et al.*, 2016), puesto que una vez iniciado este proceso, difícilmente se detiene (Jiang *et al.*, 2011).

En jitomate existen diversas investigaciones relacionadas con la aplicación de biorreguladores del crecimiento (Ramírez *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2016; Guardado-Félix *et al.*, 2017), en la que se abarca el uso de retardantes del crecimiento como la prohexadiona de calcio y etefón; activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio), y su efecto sobre la actividad hormonal, crecimiento vegetativo, homogeneidad en la cosecha, así como el desarrollo y maduración del fruto, no obstante, su evaluación se ha realizado de manera individual y con poca o nula información relacionada con el efecto conjunto que provocan sobre el proceso de maduración y el consiguiente demérito de la calidad del fruto, debido a que este proceso determina las características relacionadas con la aceptación por parte del consumidor, así como del tiempo de consumo del producto, siendo la madurez y el reblandecimiento los principales atributos de perecibilidad en las frutas

climatéricas, dado que al cabo de pocos días, se consideran no comestibles debido a la sobremaduración (Cuesta y Moncada, 2014; Osbay y Ergun, 2015). Es por todo lo anterior, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio), un activador fisiológico (yodo) y un micronutriente (selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características fisicoquímicas de calidad en frutos de jitomate.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Productos. Se emplearon cuatro productos químicos comerciales con actividad biorreguladora del crecimiento, Etefón (Ethrel 240[®], Bayer CropScience LP, USA), prohexadiona de calcio (Apogee[®], BASF, USA), Yodo (Q-2000 Plus[®], Quimcasa de México, S. A. de C.V., México) y selenito de sodio (Selenito de Sodio 45 %[®], Retorte, Alemania). De acuerdo con los fabricantes, estos productos son descritos como reguladores de crecimiento (etefón, y prohexadiona de calcio), activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio).

3.4.2. Material vegetal. Se utilizó al híbrido comercial de jitomate de crecimiento indeterminado “Imperial 643” tipo bola (Enza Zaden).

3.4.3. Manejo del cultivo. La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss y vermiculita (90:10), trascurridos 30 días se llevó a cabo el trasplante en canaletas con las siguientes dimensiones: 25x1x0.6 m, rellenas con tezontle rojo con tamaño de partícula de 2.0-3.0 mm de diámetro, con una densidad de 8 plantas m⁻² conducidas a un solo tallo, el cual se cultivó durante los meses de marzo-agosto de 2016 en invernadero, ubicado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México (19° 29' LN y 98° 53' LO) con 2240 msnm y temperatura media anual de 15.9 °C.

El suministro de los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plántulas se efectuó con N 200, p 60, K 250, Ca 250, S 150, Mg 60, Fe 2, Mn 1, Cu 0.05 y Zn 0.05 mg/L de agua; donde se aplicó de 3 a 5 riegos por día en función del clima y etapa fenológica. Las aplicaciones de los tratamientos (Cuadro 1) se realizaron cuando comenzó la antesis del tercer racimo, a los 45 días después del trasplante una aplicación y la siguiente quince días después, estas fueron en aspersión a toda la planta. Para la realización de los análisis de laboratorio correspondientes, los frutos que se cosecharon fueron aquellos ubicados entre el segundo y quinto racimo en el estado de madurez tres, es decir, cuando el fruto posee entre 10 y 20 % de coloración roja (Choi *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Biorreguladores de crecimiento, yodo y selenito de sodio aplicados en frutos de jitomate bola cultivados en invernadero.

Productos	Concentración			Ingrediente activo
Etefón (ml L ⁻¹)	0.8	1.2	1.6	Etefón 27 %
^γ Pro-Ca (mg L ⁻¹)	50	100	200	Calcio 3-oxido-5-oxo-4-propionilciclohex-3-enecarboxílico
Yodo (ml L ⁻¹)	1	3	5	Yodo libre 1.5 %
SS (mg L ⁻¹)	75	125	175	Selenito de sodio 45 %

^γPro-Ca: prohexadiona de calcio; SS: selenito de sodio.

3.4.4. Diseño experimental. El experimento se estableció con un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones, donde la unidad experimental consistió de 8 plantas (1 m²), donde se aplicaron los tratamientos indicados en el Cuadro 1. Con un fruto como unidad experimental y 10 repeticiones.

3.4.5. Parámetros evaluados

3.4.5.1. Color del fruto. Se determinó sobre la epidermis en la parte ecuatorial del fruto mediante espectrofotómetro portátil de esfera X-Rite (SP-62[®], USA), obteniendo los parámetros iniciales L*a*b (Minolta, 1994). Posteriormente se

calcularon los datos de cromaticidad ó pureza = $(a^2+b^2)^{1/2}$, tonalidad=ángulo hue= $\arctan(b*a^{-1})$ y brillantez, el cual es el dato directo de “L” Hunter.

3.4.5.2. Peso de fruto (gramos). Se obtuvo mediante una balanza electrónica digital Scout® Pro SP602 (OHAUS, USA), con capacidad de 0.6 kg y aproximación de 0.01 g. Los resultados se expresaron en gramos (g).

3.4.5.3. Diámetro polar y ecuatorial (milímetros). Se determinaron con el auxilio de vernier modelo CAL-6MP de acero con longitud de 6” (Truper®, México), sobre el plano polar y ecuatorial del fruto.

3.4.5.4. Índice de Redondez. Con los datos de diámetro polar y ecuatorial, el índice de redondez se calculó con la siguiente expresión: $IR = \frac{dp}{de}$ donde dp y de= son el diámetro polar y ecuatorial, respectivamente.

3.4.5.5. Firmeza(Newtons). Se determinó en la zona ecuatorial del fruto, en la que se empleó un texturómetro digital compact Gauge (Mecmesin®, USA) con puntal en forma de cono con diámetro y altura de 9 mm.

3.4.5.6. Sólidos solubles totales (°Brix). Se cuantificaron con refractómetro digital portátil PAL-1 (ATAGO®, USA), el cual utiliza una escala de 0-53 °Brix.

3.4.5.7. Acidez titulable. Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (AOAC, 1990), con 20 g de pulpa que fue neutralizada con Hidróxido de Sodio 0.1 N, en la que se empleó fenolftaleína al 1 % como indicador, donde los resultados se reportaron en % de ácido cítrico (ácido prevaeciente).

3.4.5.8. Licopeno. La concentración de licopeno fue cuantificada según el método modificado por Sadler *et al.* (1990), con algunas modificaciones: se homogeneizaron 20 g de pulpa con agua destilada, las mezclas obtenidas se

colocaron en frascos cubiertos con papel aluminio y secadas a 38 °C. Se colocó 0.1 g de la pasta en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se les adicionaron 30 ml de una mezcla de hexano/etanol/acetona en la proporción 2:1:1 y se agitaron por 10 minutos. Se adicionaron 18 ml de agua destilada y se volvió a agitar por cinco minutos, separándose la mezcla en dos fases, acuosa y orgánica. Con matraces de separación se tomó y midió el volumen de la fase orgánica, determinando el contenido de licopeno mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 470 nm. Se utilizó la fórmula de Inbaraj y Chen (2008) y los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

3.4.6. Análisis estadístico. Con los datos obtenidos sobre los parámetros evaluados en los frutos, fue posible efectuar un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), en la que se empleó el paquete de análisis estadístico SAS (SAS V.9.0).

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1. Color

3.5.1.1. Brillantez. De acuerdo con la comparación de medias de los valores correspondientes con el componente brillantez (L) de color, se pudo observar significancia entre los tratamientos aplicados (Cuadro 2), donde el uso de 1 ml L⁻¹ de Yodo permitió encontrar los frutos con mayor valor de L (37.87), lo que de acuerdo con Padrón *et al.* (2012) coincide con frutos con tonalidad roja intensa y adecuados para su consumo en fresco, no obstante, su comportamiento fue similar a lo mostrado cuando se aplicaron 1.6 ml L⁻¹ (Etefón), 50 y 150 mg L⁻¹ (Prohexadiona de calcio) y 3 ml L⁻¹ (Yodo) siendo la dosis baja e intermedia de este último las que presentaron los valores más altos para esta variable. En este sentido Casierra y Avendaño (2008) y Carrillo-López y Yahia. (2014) indican que durante el proceso de maduración del fruto de jitomate el primer compuesto sintetizado es el fitoeno (incolore) para posteriormente dar lugar a la síntesis y acumulación de licopeno (rojo), momento que coincide con la disminución de la

brillantez del color rojo (Becvort-Azcurra *et al.*, 2012). El comportamiento de los valores observado para frutos coincide con el estudio de López-Camelo *et al.* (2003) quienes en estudios de jitomate variedad Tommy, los valores de L^* no se vieron afectados por los tratamientos de reguladores del crecimiento como el etefón.

3.5.1.2. Cromaticidad y Hue. La cromaticidad y ángulo hue evaluados como pureza y tonalidad de color, respectivamente, son de manera frecuente considerados por el consumidor final como parámetros de calidad durante la selección de cualquier producto hortofrutícola. En la Cuadro 2 se muestran los datos correspondientes con la pureza de color (cromaticidad) y ángulo hue (tonalidad de color); donde la cromaticidad no presento variación significativa ($p \leq 0.05$), cuyos valores fluctuaron entre 30.04 y 34.84 y que de acuerdo con Padrón *et al.* (2012) los valores de este componente de color indican propiamente el grado de pureza de cierto color, y que su valor va de 0 a 100, de donde se desprende que nuestros datos son bajos y representan un tercio del valor máximo deseado. Por otro lado, la aplicación de 1 ml L^{-1} de yodo permitió observar el valor estadísticamente más alto de tonalidad de color del fruto (85.54°), sin embargo, no supero a lo mostrado por el tratamiento de 50 mg L^{-1} de prohexadiona de calcio, así como al resto de tratamientos de yodo (3 y 5 ml L^{-1}), con valores de 68.0 , 69.64 y 72.60° , respectivamente. En contraste García-Osuna *et al.* (2014) en n estudio realizado en *Opuntia ficus-indica* L. mencionan no haber encontrado interacción entre la aplicación de yodo a una concentración de 10^{-4} M y el desarrollo de las características de color. Por su parte, Kiferle *et al.* (2013) al evaluar la calidad de fruto de jitomate de 'SUN7705' a la aplicación externa de yoduro de potasio (KI) y yodato de potasio (KIO_3) mencionan no haber encontrado una alteración en la apariencia visual (entre ellos el color), así como tamaño y forma del fruto. La variación entre resultados puede estar asociado según Ramírez *et al.* (2008) con la duración del periodo de tiempo entre la aplicación del producto químico y la evaluación de su efecto, ya que por ejemplo

la prohexadiona de calcio requiere un mínimo de 8 horas para una máxima absorción (Ramírez *et al.*, 2012).

3.5.2. Peso de fruto. Con la aplicación de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio se pudieron encontrar diferencias ($P \leq 0.05$) con relación al peso de fruto con un valor medio de 150.85 g, no obstante, con excepción a las dosis bajas de yodo (1 ml L⁻¹), selenito de sodio (75 mg L⁻¹) y testigo, su comportamiento fue con el resto de tratamientos aplicados (Cuadro 2). En contraste, Pai-Tsang (2016) en un estudio realizado con relación a la influencia de prohexadiona de calcio sobre el crecimiento y calidad de fruto de guayaba ‘Jen-Ju Bar’ no reportan efecto sobre el peso de fruto, lo que según Prive (2006) puede estar relacionado con la inhibición en el crecimiento de brotes y la constante competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, donde la aplicación de riego puede reducir la eficacia de este tratamiento (Ramírez *et al.*, 2008). En frutos como la uva (*Vitis vinifera* L.) ‘Shiraz’ Ramírez *et al.* (2017) no encontraron variación con respecto al peso de fruto, sin embargo, estos mismos autores indican que la etapa fenológica en que la P-Ca se aplica si puede influir en ésta característica física del fruto. Al respecto, Ramírez *et al.* (2012) indican que cuando la aplicación de prohexadiona de calcio se realiza durante el periodo de floración, se presenta un bloqueo en la síntesis de giberelinas lo que induce una reducción en el tamaño y peso del producto cosechado.

3.5.3. Firmeza. En el Cuadro 2 se puede observar que la aplicación de 175 y 200 mg L⁻¹ de selenito de sodio y prohexadiona de calcio indujeron la producción de frutos con la mayor firmeza entre todos los tratamientos utilizados, con valores medios de 2.75 y 2.56 N, respectivamente, adicionalmente el tratamiento de Etefón (1.6 ml L⁻¹) fue el que reportó el valor más bajo (0.96 N). Por su parte, Carra *et al.* (2017) indican para pera ‘Smith’ que la aplicación de prohexadiona de calcio no afectó el comportamiento de la firmeza de los frutos almacenados en condiciones de frío. Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) mencionan que por sus características morfológicas, el fruto de jitomate presenta valores de firmeza que

son considerados bajos con respecto a frutos de otras especies, sin embargo, pueden incrementarse mediante aspersiones foliares de calcio o cosechando en las primeras etapas de maduración y que esto permita soportar el manejo poscosecha (Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008; Ramírez *et al.*, 2010), tal como se observó en el comportamiento encontrado para la prohexadiona de calcio.

3.5.4. Diámetro ecuatorial. La determinación del diámetro ecuatorial del fruto se considera de primordial relevancia, debido a que es una característica que influye directamente sobre el patrón característico de cada variedad de productos hortofrutícolas (Figueroa-Cares *et al.*, 2018). En este trabajo, la aplicación de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio mostró el valor más alto (70.56 mm) con relación a esta característica del fruto, el cual superó a los tratamientos de selenito de sodio y al testigo, cuyos valores fluctuaron entre 56.34 y 62.12 mm, respectivamente (Cuadro 3). Por su parte, Ramírez *et al.* (2017) indican no haber encontrado valores significativos relacionados con el diámetro de fruto de uva (*Vitis vinífera* L.) 'Shiraz' con la aplicación de 100 a 300 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio. Comportamiento similar es reportado por Carra *et al.* (2017) al aplicar dosis de prohexadiona de calcio que fluctuaron entre 100-400 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio en pera (*Pyrus calleryana* Decne) variedad 'Smith'.

3.5.5. Diámetro polar. A diferencia de lo encontrado con el diámetro ecuatorial, la aplicación de 5 ml L⁻¹ de yodo afectó significativamente el diámetro polar de los frutos con 54.23 mm (Cuadro 3), sin embargo, éste valor no superó a lo mostrado por la dosis alta de selenito (75 mg L⁻¹) y al testigo, con diámetros polares de 45.64 y 48.35 mm, respectivamente. En este sentido, Cortés-Flores *et al.* (2016) indican que el yodo no tiene una función específica en las plantas, no obstante, induce una mayor presencia de antioxidantes y aporta un aumento en la tolerancia a algunos factores adversos. Por su parte, Becvort-Azcurra *et al.* (2012) al realizar la aplicación de selenio (10 y 20 mg L⁻¹) en plantas de jitomate y evaluar su efecto sobre su productividad, reportan un incremento en la

concentración de selenio en hoja y tallo, sin embargo, no encontraron un incremento en la producción de fruto y específicamente un efecto sobre sus características físicas (tamaño y forma).

Cuadro 2. Color, peso y firmeza de frutos de jitomate bola sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Tratamiento	Color			Peso de fruto (g)	Firmeza (N)
	Brillantez	Cromaticidad	Hue (°)		
E1	31.30 b*	30.75 a	63.24 b	115.10 bac	1.26 dc
E2	32.86 ba	31.25 a	59.16 b	138.00 ba	1.06 dc
E3	32.13 b	33.71 a	60.59 b	138.45 ba	0.96 d
P-Ca 1	33.36 ba	34.71 a	68.01 ba	101.98 bc	1.11 dc
P-Ca 2	32.48 b	33.61 a	64.75 b	102.68 bc	1.37 dc
P-Ca 3	32.73 ba	34.84 a	66.51 b	150.85 a	2.56 ab
Y1	37.87 a	34.11 a	85.54 a	104.20 bc	1.69 dc
Y2	34.43 ba	30.04 a	69.64 ba	119.51 bac	1.68 dc
Y3	32.29 b	31.50 a	72.60 ba	142.72 ba	1.67 dc
SS1	29.73 b	33.28 a	66.85 b	77.72 c	1.46 dc
SS2	32.60 b	31.87 a	61.85 b	106.68 bac	1.77 bc
SS3	31.50 b	34.02 a	65.60 b	112.14 bac	2.75 a
T	31.61 b	32.09 a	60.29 b	98.45 bc	1.32 dc
DMSH	5.19 b	8.76	18.63	45.90	0.79

*Etefón (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (p≤0.05).

En otros cultivos como uva ‘Shiraz’ autores como Ramírez *et al.* (2017) indican que la aplicación de retardantes de crecimiento como la prohexadiona de calcio no afectaron el diámetro polar del fruto, contrario a lo que se observa en este estudio.

3.5.6. Índice de redondez. El uso de biorreguladores del crecimiento, yodo y selenito de sodio no provocó variación estadística significativa ($p \leq 0.05$) sobre el índice de redondez (Cuadro 3), y todos los frutos presentaron forma achatada, es decir, con índice de redondez que fluctuó entre 0.74 y 0.81 (< 1); datos que contrastan con los reportados por Figueroa-Cares *et al.* (2018) en frutos de jitomate producidos por las variedades comerciales tipo saladette 'Tointer', 'Tormenta', 'Tónico', 'Bejo' y 'BSS486' con 1.29, 1.55, 1.53, 1.33 y 1.09, respectivamente. En el mismo sentido, Montoya *et al.* (2014) indican que al ser una variable compuesta por variables relativamente estables como son el diámetro ecuatorial y polar, su comportamiento se encuentra poco influenciada por el ambiente, sino más bien por el genotipo.

3.5.7. Sólidos solubles totales. Como se aprecia en el Cuadro 4, el comportamiento del contenido de sólidos solubles totales fue similar entre tratamientos, con excepción de los frutos sometidos con 0.8 ml L⁻¹ de etefón (4.41°Bx) que fue el valor más bajo, no obstante, se precisa cierto valor sobresaliente con la aplicación de yodo a una concentración de 3 ml L⁻¹ con 4.96 °Brix. En contraste, Kiferle *et al.* (2013) indican que al evaluar el efecto de la concentración de yoduro de potasio (KI) y KIO₃ (yodato de potasio) con dosis que fluctuaron entre 1-5.0 y 0.5-2.0 mM, respectivamente, sobre la calidad de fruto de jitomate 'SUN7705', encontraron una disminución progresiva en la concentración de °Brix, sin embargo, también mencionan una ligera variación en su concentración al final de la evaluación producto de la translocación del K⁺ vía floema. En contraste, Dhall y Singh (2013) al evaluar diferentes concentraciones de etefón (500, 1000 y 1500 ppm) reportan un incremento lento pero constante en el contenido de sólidos solubles totales durante el proceso de maduración, no obstante, al ser los azúcares un componente primordial en el proceso de respiración, ésta acumulación de sólidos solubles totales decayó.

Cuadro 3. Diámetro ecuatorial y polar e índice de redondez de frutos de jitomate bola sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Índice de redondez
E1	65.30 ba*	52.03 ba	0.80 a
E2	62.90 bac	49.28 bac	0.78 a
E3	69.23 ba	51.69 ba	0.75 a
P-Ca1	62.83 bac	49.48 bac	0.79 a
P-Ca2	62.79 bac	50.16 bac	0.80 a
P-Ca3	70.56 a	52.71 ba	0.74 a
Y1	63.35 bac	48.86 bac	0.77 a
Y2	63.75 bac	49.85 bac	0.78 a
Y3	68.52 ba	54.23 a	0.79 a
SS1	56.34 c	45.64 c	0.81 a
SS2	61.92 bc	49.93 bac	0.80 a
SS3	62.12 bc	50.73 bac	0.81 a
T	61.53 bc	48.35 bc	0.79 a
DMSH	8.14	5.87	0.07

Etefón (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.5.8. Acidez titulable. La concentración de ácidos orgánicos durante el proceso de maduración constituye uno de los principales indicativos del sabor característico de los productos hortofrutícolas, y en este trabajo la aplicación de 125 mg L⁻¹ de selenito de sodio afectó significativamente la acumulación de ácido cítrico de los frutos con un valor medio de 0.36 %, el cual superó lo mostrado por el resto de tratamientos, cuyos niveles de acidez fluctuaron entre 0.1 y 0.29 % de ácido cítrico, siendo el testigo el que presentó la menor acidez. Con respecto a estos resultados, Smoleń *et al.* (2016) indican que el selenito de sodio al ser

absorbido, es transformado en diferentes formas orgánicas de selenio y acumulado en las raíces, como consecuencia de su baja movilidad en xilema, por lo que estos resultados corroboran lo reportado en otros trabajos, donde se menciona que tanto la aplicación vía foliar y a través de la solución nutritiva, se correlaciona con el incremento de su concentración en tejido en diversos cultivos (Ramos *et al.*, 2010; Guardado-Félix *et al.*, 2017), entre ellos el jitomate (Zhu *et al.*, 2016). En este sentido, Palencia *et al.* (2016) en fresa 'Splendor' reportan un incremento significativo de los valores medios de acidez titulable, cuando se realizaron aplicaciones de selenio tanto de manera foliar como al sustrato.

3.5.9. Licopeno. La concentración de licopeno de los frutos analizados mostró valores que fluctuaron entre 9.44 y 20.61 mg 100 g⁻¹(Cuadro 4) en la que se destaca la aplicación de prohexadiona de calcio (50 mg L⁻¹) con el valor más alto. Con respecto a estos resultados, Ramírez *et al.* (2012) al evaluar la aplicación foliar de 125, 175 y 200 mg L⁻¹ en jitomate 'Floradade' reportan un incremento en el contenido de licopeno con valores de 19 µg g⁻¹, donde el resultado más claro se observó cuando los frutos habían iniciado su proceso de maduración, lo anterior se sugiere como un efecto directo en la inhibición en la síntesis de giberelinas (Ozbay y Ergun, 2015), lo cual convierte a la prohexadiona de calcio como alternativa en el manejo agronómico que permite un incremento en la acumulación de licopeno como un importante compuesto antioxidante que coadyuva en el cuidado de la salud. En contraste, Figueroa-Cares *et al.* (2018) reportan para variedades comerciales tipo saladette 'Tointer', 'Tormenta', 'Tónico', 'Bejo' y 'BSS486' concentraciones de licopeno de 1.99, 2.42, 0.78, 2.22 y 2.31 mg 100 g⁻¹, respectivamente. En otros cultivos, como el rosal (*Rosa hybrida* L.) Schmitzer *et al.* (2012) reportan un efecto positivo de la aplicación de prohexadiona de calcio sobre los pétalos con referencia al desarrollo de los parámetros de color y los contenidos de flavonoles específicamente las antocianinas, donde además también se indica un efecto benéfico sobre el comportamiento del proceso de senescencia durante su manejo poscosecha (Ramírez *et al.*, 2010; Pai-Tsang, 2016).

Cuadro 4. Concentración de sólidos solubles, acidez titulable y licopeno en frutos de jitomate bola sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	Licopeno (mg 100 g⁻¹)
E1	4.41 b*	0.17 g	9.44 i
E2	4.64 ba	0.18 gf	9.80 ih
E3	4.68 ba	0.23 e	14.99 ed
P-Ca1	4.53 ba	0.28 cb	20.61 a
P-Ca2	4.57 ba	0.26 cd	10.61 h
P-Ca3	4.47 ba	0.29 b	13.81 gf
Y1	4.88 ba	0.19 gf	9.91 ih
Y2	4.94 a	0.20 f	19.58 b
Y3	4.80 ba	0.24 ed	19.32 b
SS1	4.60 ba	0.18 gf	14.33 ef
SS2	4.62 ba	0.36 a	15.83 d
SS3	4.78 ba	0.26 cd	12.99 g
T	4.55 ba	0.1 gf	17.48 c
DMSH	0.51	0.02	0.91

Etefón (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (p≤0.05).

3.6. CONCLUSIONES

El uso de diversos tratamientos usados, (biorreguladores del crecimiento, activador fisiológico y micronutrimiento), afectó la calidad fisicoquímica en los frutos de jitomate, sin embargo, los mayores resultados se observaron con la aplicación de yodo el cual permitió un incremento en la brillantez y tonalidad de color, manteniendo sin cambios la pureza de color, de igual manera sobre la concentración de sólidos solubles totales. Por otro lado, la prohexadiona de calcio permitió un incremento en el peso de fruto, diámetro ecuatorial y concentración de licopeno. Adicionalmente las plantas con frutos con mayor firmeza y acidez fueron observadas con la aplicación de selenito de sodio.

3.7. LITERATURA CITADA

- AOAC (1990). Official Methods and Analysis, 14th. Ed. AOAC International, VA, EE. UU. 1006 p.
- Beckles, D. M. (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 63, 129-140.
- Becvort-Azcurra, A., Fuentes-Lara L. O., Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Robledo-Torres, V., y Rodríguez-Mendoza, M. N. (2012). Aplicación de selenio en tomate: crecimiento, productividad y estado antioxidante del fruto. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 291-301.
- Carra, B., Spagnol, D., Sozo, A. E., Da Silveira, P.M., Pereira, D. C., Hellwing, C. G., and Fachinello, J. C. (2017). Prohexadione calcium reduces vegetative growth and increases fruit set of 'Smith' pear trees. Southern Brazil. *Bragantia*, 76, 360-371.
- Carrillo-López, A., and Yahia, E. M. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCl⁺-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2720-2726.
- Casierra-Posada, F., y Aguilar-Avenidaño, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26, 300-307.
- Choi, K., Lee, G., Han, Y. J. and Bunn, J. M. (1995). Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 38, 171-176
- Cortés-Flores, C., Rodríguez-Mendoza, M. N., Benavides-Mendoza, A., García-Cué, J. L., Tornero-Campante, M. y Sánchez-García, P. (2016). El yodo aumenta el crecimiento y la concentración de minerales en plántulas de pimiento morrón. *Agrociencia*, 50, 747-758.
- Cuesta, G. y Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20, 215-222.
- De la Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., Lozano-Gutiérrez, J., Padilla-Bernal, L. E., Avelar-Mejía, J., y Castañeda-Miranda, R. (2016). Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3439-3452.

- Dhall, R. K. and Sing, P. (2013). Effect of ethephon and ethylene gas on ripening and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during cold storage. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(6), 1-7.
- Figuerola-Cares, I. E., Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E., Colinas-León, M. T. y Valle-Guadarrama, S. (2018). Calidad nutricional y capacidad antioxidante en variedades y genotipos nativos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ*, 35, 63-84.
- FIRA (2016). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario Tomate Rojo. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial.
- García-Osuna, H. T., Benavides-Mendoza, A., Rivas-Morales, C., Morales-Rubio, E., Verde-Star, J., and Miranda-Ruvalcaba, R. (2014). Iodine application increased ascorbic acid content and modified the vascular tissue in *Opuntia ficus-indica*. *Pakistan Journal of Botany*, 46, 127-134.
- Guardado-Félix, D., Serna-Saldivar, S. O., Cuevas-Rodríguez, M., Jacobo-Velázquez, D. A., Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 226, 69-74.
- Inbaraj, B. S., Chen, B. H. (2008). Carotenoids in tomato plants. In V. Preedy and R. Watson (Eds.), *Tomatoes and tomato products: nutritional, medicinal and therapeutic properties* (pp. 133-164). CRC Press, LLC.
- Jiang T., Wang P., Yin X., Zhang B., Xu C., Li X., Chen K. (2011). Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 452-458.
- Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, T. H., Real, A. R., Perata, P. (2013). Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. *Frontier in Plant Science* 4, 205.
- López-Camelo, A.L., Gómez, P., Artés, F., (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae*, 599, 305-308.
- Minolta (2007). *Precise Color Communication*. Minolta Corporation Instrument System Division. Tokio, Japan. 62 p.

- Montoya, H. C., Cortés, O. J. A. y Chaves, O. J. A. (2014). Sistema automático de reconocimiento de frutas basado en visión por computador. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería* 22, 504-516.
- Osby, N., and Ergun, N. (2015). Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50, 932-938.
- Padrón, P. C. A., Padrón, L. G. M., Montes, H. A. I., y Oropeza, G. R. A. (2012). Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense* 36, 97-111.
- Pai-Tsang C (2016). Influence of Prohexadione-Calcium on the growth and quality of summer 'Jen-Ju Bar' guava fruit. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35, 980-986.
- Palencia, P., Martínez, F., Burducea, M., Oliveira, J. A., y Giralde, I. (2016). Efectos del enriquecimiento con selenio en SPAD, calidad de la fruta y parámetros de crecimiento de plantas de fresa en un sistema de cultivo sin suelo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 38, 202-212.
- Privé, J.P., Cline, J., and Fava, E. (2006). Influence of prohexadione calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 227-233.
- Ramírez, H., Alvarez-Maldonado, V. M., Aguilar, C. N., Wong-Paz, J. E., Zermeño-González, A., Vázquez-Badillo, M. E., Zavala-Ramírez, M. G., y Mendoza-Castellanos, J. (2017). La prohexadiona-ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar shiraz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4, 13-20.
- Ramírez, H., Amado-Ramírez, C., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., y Martínez-Osorio, A. (2010). Prohexadiona-Ca, AG₃, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16, 83-89.
- Ramírez, H., Herrera-Gámez, B., Méndez-Quiroa, Y. H., Benavides-Mendoza, A., De la cruz-Breton, J. A., Álvarez-Mares, V., Rancaño-Arriola, J. H., y Villareal-Quintanilla, J. A. (2008). Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimienta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14, 193-198.
- Ramírez, H., Leza, P.C., Rivera, C.E., Amado, C., Benavides, A., Herrera, B., Martínez, A., and Méndez, O. (2012). Prohexadione-Ca reduces plant height, improves yield and fruit quality on solanaceous crops. *Acta Horticulturae*, 936, 457-462.

- Ramos, S. J. Faquin, V., Guilherme, L. R. G, Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S., Bastos, C. E. A., and Oliveira, C. (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant Soil and Environment*, 56, 584-588.
- Sadler, G., Davis, J., and Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55, 1460–1461.
- Schmitzer, V., Veberic, R., and Stampar, F. (2012). Prohexadione-Ca application modifies flavonoid composition and color characteristics of rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *Scientia Horticulturae*, 146, 14-20.
- SIAP (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Consultado: 23 diciembre 2017).
- Smoleń, S., Skoczyla, L., Ledwożyw-Smoleń, I., Rakoczy, R., Liszka-Skoczylas, M., Kopeć, A., Piątkowska, E., Bieżanowska-Kopeć, R., Koronowicz, A., Kapusta-Duch, J., and Sady, W. (2016). The quality of carrot (*Daucus carota* L.) cultivated in the field depending on iodine and selenium fertilization. *Folia Horticulturae*, 28, 151-164.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. Proceedings 6th International Congress on Soils Culture, 20 abril-5 mayo, Wageningen, The Netherlands, pp. 883.
- Urrieta-Velázquez, J. A., Rodríguez-Mendoza, M. N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G.A., Ruiz-Posada, L. M., y Cueto-Wong, J. A. (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18, 371-381.
- Zhu, Z., Chen, Y., Zhang, X., and Li, M. (2016). Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 198, 304-310.

**IV. ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO
EN CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE SALADETTE**

4.1. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos biorreguladores del crecimiento (etefón y prohexadiona de calcio), un activador fisiológico (yodo) y un micromineral (selenito de sodio) en diferentes concentraciones sobre la calidad de frutos de jitomate saladette bajo invernadero. El diseño experimental fue completamente al azar. Las variables evaluadas fueron color, peso, diámetro ecuatorial y polar, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y licopeno. Entre los principales resultados se observó que la aplicación de 175 mg L⁻¹ de selenito de sodio afectó significativamente los componentes de color como la brillantez y tonalidad con valores de 34.11 y 78.11, respectivamente, la aplicación de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio incrementó los sólidos solubles totales con 5.15 °Brix. Por otro lado, la aplicación de 1.6 ml L⁻¹ de etefón incrementó el peso de fruto (138.92 g). La concentración de licopeno aumentó a 14.65 mg 100 g⁻¹ con una concentración de 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio. En el caso del selenito de sodio a una dosis de 175 y 125 mg L⁻¹ permitió obtener frutos con mayor firmeza y acidez con valores de 2.43 N y 0.34 % de ácido cítrico, respectivamente.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., manejo agronómico, firmeza, sólidos solubles totales, índice de redondez, activador fisiológico, micronutrimiento.

4.2 ABSTRACT

The aim this research was to evaluate the effect of two growth bioregulators (ethephon and calcium prohexadione), a physiological activator (iodine) and a micromineral (sodium selenite) in different concentrations on the quality of greenhouse tomato saladette fruit. The experimental design was completely random. The variables evaluated were color, weight, equatorial and polar diameter, roundness index, firmness, total soluble solids, titratable acidity and lycopene. Among the main results it was observed that the application of 175 mg L⁻¹ of sodium selenite significantly affected the color components such as brightness and tonality with values of 34.11 and 78.11, respectively, the application of 200 mg L⁻¹ of prohexadione from Calcium increased the total soluble solids with 5.15 ° Brix. On the other hand, the application of 1.6 ml L⁻¹ of ethephon increased the fruit weight (138.92 g). The concentration of lycopene increased to 14.65 mg 100 g⁻¹ with a concentration of 200 mg L⁻¹ of calcium prohexadione. In the case of sodium selenite at a dose of 175 and 125 mg L⁻¹ allowed to obtain fruits with greater firmness and acidity with values of 2.43 N and 0.34 % citric acid, respectively.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., agronomic management, growth retardant, roundness index, firmness, total soluble solids.

4.3. INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con más arraigo, de las cuales se producen 3 349 154 toneladas y de las cuales 76.09 % se encuentra distribuida en diez entidades federativas (Sinaloa, San Luís Potosí, Michoacán, Zacatecas, Baja California, Jalisco, Baja California Sur, Sonora, Morelos y Puebla), con rendimiento promedio de 60.79 ton ha⁻¹(SIAP, 2017), en la que predomina el uso de estructuras de agricultura protegida con diferente grado de tecnificación (invernadero y malla sombra) (FIRA, 2016), donde el 99.7 % de las exportaciones se comercializa en Estados Unidos (SIAP, 2017).

El incremento en la productividad de esta especie hortícola ha contribuido a una alta variación mensual en los precios, es decir, su disponibilidad a lo largo del año se encuentra asociado con la concentración de la producción en un corto periodo de tiempo, lo que coadyuva a la disminución en su precio durante ese periodo y aun incremento cuando esté se escasea, por lo que los efectos negativos se observan tanto en consumidores y productores (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008), aunado a lo anterior también es frecuente la presencia de una serie de problemas poscosecha relacionadas con daños mecánicos, condiciones inadecuadas de manipulación y almacenamiento, transporte y empaques incorrectos, así como por las características fisiológicas del fruto (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Carrillo-López y Yahia, 2014).

Existen diversos estudios enfocados con la aplicación foliar de biorreguladores del crecimiento (Ramírez *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2016; Guardado-Félix *et al.*, 2017;), en la que se abarca el uso de retardantes del crecimiento como la prohexadiona de calcio y etefón; activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio), evaluando desde la interacción con la actividad hormonal, crecimiento vegetativo, homogeneidad en la cosecha, así como el desarrollo y maduración del fruto, no obstante, los resultados de la evaluación que se

obtienen son realizados de manera individual y con poca o nula información relacionada con el efecto conjunto que provocan sobre el proceso de maduración y el consiguiente demérito de la calidad del fruto, debido a que este proceso determina las características relacionadas con la aceptación por parte del consumidor, así como del tiempo de consumo del producto, siendo la madurez y el reblandecimiento los principales atributos de perecibilidad en las frutas climatéricas, dado que al cabo de pocos días, se consideran no comestibles debido a la sobremaduración (Cuesta y Moncada, 2014; Osbay y Ergun, 2015). Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de etefón, prohexadiona de calcio), un activador fisiológico (yodo) y un micronutriente (selenito de sodio) a diferentes concentraciones sobre algunas características fisicoquímicas de calidad en frutos de jitomate saladette cultivado en invernadero.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Productos. Se emplearon cuatro productos químicos comerciales: Etefón (Ethrel 240[®], Bayer CropScience LP, USA), prohexadiona de calcio (Apogee[®], BASF, USA), Yodo (Q-2000 Plus[®], Quimcasa de México, S. A. de C.V., México) y selenito de sodio (Selenito de Sodio 45 %[®], Retorte, Alemania). De acuerdo con los fabricantes, estos productos son descritos como reguladores de crecimiento (etefón, y prohexadiona de calcio), activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio).

Material vegetal. Se utilizó el híbrido comercial de jitomate de crecimiento indeterminado “Condor” tipo saladette (Ahern Seeds).

Cuadro 1. Biorreguladores de crecimiento, yodo y selenito de sodio aplicados en frutos de jitomate saladette cultivados en invernadero.

Productos	Concentración			Ingrediente activo
Etefón (ml L ⁻¹)	0.8	1.2	1.6	Etefón 27 %
^y Pro-Ca (mg L ⁻¹) 1)	50	100	200	Calcio 3-oxido-5-oxo-4-propionilciclohex-3-enecarboxílico
Yodo (ml L ⁻¹)	1	3	5	Yodo libre 1.5 %
SS (mg L ⁻¹)	75	125	175	Selenito de sodio 45 %

^yPro-Ca: prohexadiona de calcio; SS: selenito de sodio.

Manejo del cultivo. La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss y vermiculita (90:10). Trascorridos 30 días se llevó a cabo el trasplante en canaletas con las siguientes dimensiones: 25x1x0.6 m, rellenas con tezontle rojo con tamaño de partícula de 20-30 mm de diámetro, con una densidad de 8 plantas m⁻² conducidas a un solo tallo, el cual se cultivó durante los meses de mayo a agosto de 2016 en invernadero, en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México (19° 29' LN y 98° 53' LO) con 2240 msnm y temperatura media anual de 15.9 °C. El suministro de los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plántulas se efectuó con N 200, p 60, K 250, Ca 250, S 150, Mg 60, Fe 2, Mn 1, Cu 0.05 y Zn 0.05 mg/L de agua; donde el volumen de riego aplicado fue de 0.30-3.0 L/planta de acuerdo a cada etapa fenológica. Las aplicaciones de los tratamientos (Cuadro 1) se realizaron cuando comenzó la antesis del tercer racimo, a los 45 días después del trasplante, una aplicación y la siguiente quince días después. Para la realización de los análisis de laboratorio correspondientes, los frutos que se cosecharon fueron aquellos ubicados entre el segundo y quinto racimo en el estado de madurez tres, es decir, cuando el fruto posee entre 10 y 30 % de coloración roja (Choi *et al.*, 1995).

"United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes", Ryall y Lipton, 1993:

1. "Green". Verde maduro (figura1 a y b).
2. "Breakers". Comenzando a virar de color. No supera el 10 % de la superficie de la fruta con coloración amarilla, rosada o roja (figura1 b).

3. "Turning". Virando o pintón. Los colores del punto 2 se encuentran entre el 10 y 30 % de la superficie de la fruta (figura1 b).
4. "Pink". Rosado. Entre el 30 y 60 % de la fruta es rosada o roja. Nótese que no se incluye el amarillo (figura1 c).
5. "Light Red". Rojo pálido. Más del 60 % y menos del 90 % de la fruta presenta coloración rosada a roja (figura1 c).
6. "Red". Rojo. Más del 90 % de la superficie es roja. (figura1 d).



Figura1. Estados de maduración en frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*)

Diseño experimental. El experimento se estableció con un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones, donde la unidad experimental consistió de 8 plantas (1 m²), donde se aplicaron los tratamientos indicados en la Cuadro 1. Con un fruto como unidad experimental y 10 repeticiones se evaluó el color, peso, diámetro polar y ecuatorial, índice de redondez, firmeza y sólidos solubles totales del fruto. Por otro lado, para acidez titulable y licopeno se emplearon 3 repeticiones con 2 frutos por repetición. La evaluación de variables se realizó a los 9 días después de la cosecha.

Parámetros evaluados

Color del fruto. Se determinó sobre la epidermis en la parte ecuatorial del fruto mediante espectrofotómetro portátil de esfera X-Rite (SP-62®, USA), obteniendo los parámetros iniciales L*a*b (Minolta, 2007). Posteriormente se calcularon los datos de cromaticidad o pureza= $(a^2+b^2)^{1/2}$, tonalidad=ángulo hue= $\arctan(b*a^{-1})$ y brillantez, el cual es el dato directo de "L" Hunter.

Peso de fruto. Se obtuvo mediante una balanza electrónica digital Scout® Pro SP602 (OHAUS, USA), con capacidad de 0.6 kg y aproximación de 0.01 g. Los resultados se expresaron en gramos (g).

Firmeza. Se determinó en la zona ecuatorial del fruto, en la que se empleó un texturómetro digital compact Gauge (Mecmesin®, USA) con puntal en forma de cono con diámetro y altura de 9 mm, registrándose la lectura en N, que es la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal.

Diámetro polar y ecuatorial. Se determinaron con el auxilio de vernier modelo CAL-6MP de acero con longitud de 6" (Truper®, México), sobre el plano polar y ecuatorial del fruto. Los resultados se expresaron en mm.

Índice de Redondez. Con los datos de diámetro polar y ecuatorial, el índice de redondez se calculó con la siguiente expresión: $IR = \frac{dp}{de}$ donde dp y de= son el diámetro polar y ecuatorial, respectivamente, los resultados se expresaron sin unidades.

Sólidos solubles totales. Se cuantificaron con refractómetro digital portátil PAL-1 (ATAGO®, USA), el cual utiliza una escala de 0-53 °Brix, expresando los resultados en grados Brix.

Acidez titulable. Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (AOAC, 1990), con 20 g de pulpa que fue neutralizada con Hidróxido de Sodio 0.1 N., en la que se empleó fenolftaleína al 1 % como indicador, donde los resultados se reportaron en % de ácido cítrico (ácido prevaeciente).

Licopeno. La concentración de licopeno fue cuantificada según el método modificado por Sadler *et al.* (1990): se homogeneizaron 20 g de pulpa con agua destilada, las mezclas obtenidas se colocaron en frascos cubiertos con papel

aluminio y secadas a 38 °C. Se colocó 0.1 g de la pasta en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se les adicionaron 30 ml de una mezcla de hexano/etanol/acetona en la proporción 2:1:1 y se agitaron por 10 minutos. Se adicionaron 18 ml de agua destilada y se volvió a agitar por cinco minutos, separándose la mezcla en dos fases, acuosa y orgánica. Con matraces de separación se tomó y midió el volumen de la fase orgánica, determinando el contenido de licopeno mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 470 nm. Se utilizó la fórmula de Inbaraj y Chen (2008) y los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Análisis estadístico. Con los datos obtenidos sobre los parámetros evaluados en los frutos, fue posible efectuar un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), en la que se empleó el paquete de análisis estadístico SAS V. 9.0.

4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color. Como se observa en el Cuadro 2, no se pudo encontrar variación significativa ($p \leq 0.05$) entre los valores de brillantez y tonalidad de color del fruto. Comportamiento similar fue observado por López-Camelo y Gómez (2003) quienes al evaluar tratamientos con etefón en jitomate “Tommy” no encontraron efectos significativos con relación a la brillantez de color. En este sentido Casierra y Avendaño (2008) y Carrillo-López y Yahia. (2014) indican que durante el proceso de maduración del fruto de jitomate el primer compuesto sintetizado es el fitoeno (incoloro) para posteriormente dar lugar a la síntesis y acumulación de licopeno (rojo), momento que coincide con la disminución de la brillantez del color rojo (Becvort-Azcurra *et al.*, 2012). Sin embargo, en el componente de color relacionado con la pureza, si se encontraron diferencias estadísticas entre los valores obtenidos por la aplicación de los tratamientos aplicados, donde la aplicación de 1 y 3 mg L⁻¹ de yodo mostraron el mejor comportamiento, sin embargo, no superaron al resto de tratamientos sin considerar al testigo, el cual

mostró el menor valor de cromaticidad. Por lo general, las frutas y verduras son pobres fuentes de yodo, aunque con grandes variaciones debido a las diferencias en el contenido de yodo de los suelos. Sin embargo, varios estudios indican que las plantas pueden acumular yodo, y generalmente hay una correlación positiva entre las aplicaciones al suelo y la acumulación final en los frutos (Blasco *et al.*, 2008; Weng *et al.*, 2008). La biofortificación con yodo de los cultivos podría ser una estrategia rentable para incrementar los niveles de yodo en los alimentos derivados de plantas y así mejorar la nutrición humana, así como el color (Lawson *et al.*, 2015). A niveles bajos, el yodo es capaz de aumentar la respuesta antioxidante en las plantas, con efectos protectores contra las tensiones abióticas, como la salinidad (Leyva *et al.*, 2011) o los metales pesados (Gupta *et al.*, 2015). Estos resultados indican la explotación de múltiples efectos positivos para las aplicaciones de yodo (Medrano *et al.*, 2016).

Peso. En cuanto al aumento de peso (Cuadro 2) se observó que los tratamientos con yodo presentaron mayores valores de peso; en el caso de cultivos en suelo se ha observado que el yodo se acumula principalmente en las raíces, mientras que una pequeña parte es dirigida a las partes aéreas, por el contrario, en estudios llevados a cabo en espinacas producidas en sistemas hidropónicos se ha concluido que aun con bajas concentraciones se ha favorecido un incremento en la biomasa de plantas. En el presente estudio se ha visto favorecido el incremento en biomasa por el etefón 1.6 ml L^{-1} con frutos de 133.71 g seguido de prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} , esto se explica porque al ser la prohexadiona de calcio un retardante de crecimiento, favorece los procesos relacionados con la fructificación como o es el cuajado y crecimiento de frutos como resultado de la inhibición de la síntesis de giberelinas en los ápices, modificando el destino de los fotoasimilados, dirigiéndolos a los frutos. (Unrath, 1999).

Firmeza La firmeza de la pulpa (Cuadro 2) de los frutos es un atributo relacionado con varios factores anatómicos (Suárez *et al.*, 2016) Diferencias en la firmeza de los frutos, también están dadas por variación en los estados de turgencia de las

células, generándose menor resistencia de la pared celular en células turgentes (Kader, 2002).

El ablandamiento que acompaña a la maduración de los frutos exacerba los daños durante los procesos de transporte y manipulación. Desempeña un papel importante en la determinación del factor costo, ya que tiene un impacto directo en la palatabilidad, la aceptabilidad del consumidor, la vida útil y la resistencia a enfermedades en poscosecha (Meli *et al.*, 2010).

Generalmente, la reducción en la firmeza de los frutos debido al ablandamiento se acompaña de una expresión aumentada de enzimas que degradan las paredes celulares que actúan sobre proteínas y carbohidratos (Fry, 2004).

Cuadro 2. Color, peso y firmeza de frutos de jitomate saladette sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Tratamiento	Color			Peso de fruto (g)	Firmeza (N mm ⁻¹)
	Brillantez	Cromaticidad	Hue (°)		
E1	29.53 a*	34.32 ab	54.12 a	90.32 bcd	1.00 ed
E2	30.71 a	37.31 ab	53.66 a	91.32 bc	0.57 e
E3	30.47 a	37.34 ab	56.10 a	133.71 a	1.59 cd
P-Ca 1	29.48 a	37.09 ab	53.43 a	65.30 ef	2.06 cb
P-Ca 2	30.42 a	36.44 ab	55.62 a	76.31 cdef	1.73 cbd
P-Ca 3	30.83 a	43.18 a	51.88 a	104.43 b	2.18 cb
Y1	29.88 a	37.50 ab	56.15 a	65.00 ef	1.24 ed
Y2	29.33 a	40.53 ab	56.37 a	68.70 efd	2.43 b
Y3	29.42 a	42.50 a	53.86 a	74.21 cdfe	3.26 a
SS1	29.94 a	34.00 ab	59.51 a	84.42 bcde	1.44 cd
SS2	30.38 a	36.70 ab	53.03 a	73.76 cdef	1.68 cbd
SS3	31.07 a	40.49 ab	53.90 a	60.85 f	1.42 cd
T	30.74 a	33.10 b	56.10 a	80.36 cdef	0.95 ed
DMSH	2.62	9.29	11.12	21.85	0.79

Etefón (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (p≤0.05).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con yodo 5 ml L⁻¹ fue el más alto (3.26 N), seguido por yodo 3 ml L⁻¹ (2.43 N) y estadísticamente diferente a los tratamientos de prohexadiona de calcio en sus tres concentraciones los cuales no son superiores a yodo 3 ml L⁻¹. El menor valor de firmeza se presenta al aplicar etefón 1.2 ml L⁻¹ con un valor de 0.57 N.

Palencia *et al.* (2016) obtuvieron efectos significativos en tratamientos con selenio sobre la variable firmeza en el cultivo de fresa bajo sistemas de cultivo sin suelo, lo que no sucede en nuestra investigación. El tratamiento con prohexadiona de calcio fue otro tratamiento que favoreció un incremento de la firmeza de los frutos de jitomate, este efecto ha sido reportado para cultivares de

manzano tratados con este producto una vez que ha ocurrido el cuajado de fruto (Greene, 1999; Rademacher, 2004), pero como se observa en nuestra investigación para el caso de jitomate la prohexadiona de calcio es altamente recomendable para mejorar la firmeza.

Diámetro Ecuatorial. Un parámetro que influye directamente sobre la forma de cada producto hortofrutícola, es el diámetro ecuatorial, por lo que su determinación suele ser importante. De acuerdo con los datos de diámetro ecuatorial de fruto (Cuadro 3), la aplicación de 1.6 ml L⁻¹ de etefón mostro los frutos con mayor diámetro ecuatorial (55.6 mm), sin embargo, con excepción del testigo, este valor no supero estadísticamente a lo observado en el resto de tratamientos, cuyos valores fluctuaron entre 43.33 y 49.58 mm. Como biorregulador, la Prohexadiona de Calcio se encuentra relacionada con una disminución del crecimiento vegetativo en las plantas, como retardante de crecimiento, su acción se produce al bloquear la síntesis de giberelinas que son activas biológicamente (Evans *et al.*, 1997; Rademacher, 2004), esta síntesis de giberelinas es bloqueada en los ápices, reduciendo así el crecimiento vegetativo, de esta manera induce la diferenciación de yemas florales y se aumenta el cuajado en los frutos (Unrath, 1999).

Diámetro Polar. En cuanto al diámetro polar (Cuadro 3) a los 9 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ (77.14 mm) fue el más alto, siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con 71.09, 70.09, 69.61, 68.18, 64.63, 64.11, 62.10, 61.47, 61.13, 60.04 mm, respectivamente) y diferente a los tratamientos de Yodo 1 ml L⁻¹ y Testigo (con 59.00 y 55.22 mm, respectivamente).

Investigaciones diversas concluyen que el yodo aumenta la altura, el número de tallos, los pesos frescos y secos de la cebada a concentraciones de 0.5 y 1.0 ppm. En el tomate, el crecimiento se incrementa a 0.5 ppm y la estimulación máxima se produce a 1.0 ppm. Al igual que en la cebada, 5.0 ppm no ejercen efecto. En las plantas de tomate, una cantidad muy baja de yoduro puede estimular el crecimiento y, en cierta medida, mejorar el rendimiento (Lehr *et al.*, 1958).

Otro tratamiento que muestra un incremento del diámetro polar fue el de prohexadiona de calcio, lo cual concuerda con un beneficio al proceso de fructificación; así como el aceleramiento y aumento de yemas florales y amarre de fruto, debido a que la modificación en el flujo de fotoasimilados hacia tejidos meristemáticos favorece a esos procesos (Jackson y Looney, 2003; Sánchez, 2003).

Índice de redondez. En el día en que fue evaluada la variable Índice de redondez, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos para dicha variable, los valores de media obtenidos muestran una mínima variación en la forma del fruto debido a los efectos de la aplicación de los biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

El crecimiento en volumen de los frutos, tiene un aumento irreversible como consecuencia del incremento en masa y número de las células, y por

consiguiente, se incrementa su tamaño. (Casierra *et al.*, 2009). Al no existir diferencias significativas en el índice de redondez se puede decir que los reguladores de crecimiento no interfirieron en la forma del fruto, y el efecto en el crecimiento se llevó a cabo de manera homogénea en el fruto.

Cuadro 3. Diámetro ecuatorial y polar e índice de redondez de frutos de jitomate saladette sometidos a tratamientos con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Índice de redondez
E1	46.55 ab*	64.11 ab	0.80 a
E2	48.91 ab	69.61 ab	0.78 a
E3	55.66 a	77.14 a	0.75 a
P-Ca1	43.33 ab	60.04 ab	0.79 a
P-Ca2	43.80 ab	62.10 ab	0.80 a
P-Ca3	49.58 ab	68.18 ab	0.74 a
Y1	44.14 ab	59.00 b	0.77 a
Y2	45.25 ab	61.13 ab	0.78 a
Y3	47.67 ab	70.09 ab	0.79 a
SS1	44.47 ab	61.47 ab	0.81 a
SS2	46.87 ab	64.63 ab	0.80 a
SS3	49.18 ab	71.09 ab	0.81 a
T	40.79 b	55.22 b	0.79 a
DMSH	12.50	17.10	0.07

Etéfon (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (p≤0.05).

En cuanto a índice de redondez, la forma de fruto de acuerdo a la relación longitud/diámetro los frutos con valores menores a 1 son considerados como achatados, mayores a 1 como alargados y valores de 0 como frutos redondos. Cuando el tomate no presenta deformación física de acuerdo a la forma típica de la variedad; para el tipo saladette debe ser un fruto oblongo simétrico, siendo mayor su diámetro ecuatorial que su diámetro polar.

Sólidos solubles. A los 9 días después de la cosecha (Cuadro 4) se aprecia que los tratamientos con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, etéfon 1.2 ml L⁻¹, selenito

de sodio 175 mg L^{-1} , prohexadiona de calcio 100 mg L^{-1} y prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} fueron los más altos (con 5.15, 4.93, 4.87, 4.86, $4.86 \text{ }^{\circ}\text{Bx}$, respectivamente) y son estadísticamente iguales a los tratamientos de selenito de sodio 125 mg L^{-1} , yodo 5 ml L^{-1} , testigo, yodo 1 ml L^{-1} , yodo 3 ml L^{-1} , selenito de sodio 75 mg L^{-1} (con 4.77, 4.75, 4.75, 4.71, 4.68 y $4.66 \text{ }^{\circ}\text{Bx}$, respectivamente) y estadísticamente diferente al tratamiento de etefón 1.6 ml L^{-1} (con 4.15 %).

Si bien existen algunos tratamientos de cada uno de los productos que confieren un alto contenido de sólidos solubles, no existe propiamente un componente específico de los empleados que domine en mayor proporción. Al respecto Kiferle *et al.* (2013) indican que al evaluar el efecto de la concentración de yoduro de potasio (KI) y KIO_3 (yodato de potasio) con dosis que fluctuaron entre 1-5.0 y 0.5-2.0 mM, respectivamente, sobre la calidad de fruto de jitomate 'SUN7705', encontraron una disminución progresiva en la concentración de $^{\circ}\text{Brix}$, sin embargo, también mencionan una ligera variación en su concentración al final de la evaluación producto de la translocación del K^+ vía floema. En contraste, Dhall y Singh (2013) al evaluar diferentes concentraciones de etefón (500, 1000 y 1500 ppm) reportan un incremento lento pero constante en el contenido de sólidos solubles totales durante el proceso de maduración, no obstante, al ser los azúcares un componente primordial en el proceso de respiración, ésta acumulación de sólidos solubles totales decayó.

Acidez titulable. La concentración de ácidos orgánicos durante el proceso de maduración constituye uno de los principales indicativos del sabor característico de los productos hortofrutícolas, y en este trabajo la aplicación de selenito de sodio 125 mg L^{-1} , obtuvo el valor más alto (con 34 %), es estadísticamente diferente a los tratamientos con prohexadiona de calcio 50 mg L^{-1} , prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} , prohexadiona de calcio 100 mg L^{-1} , selenito de sodio 175 mg L^{-1} , yodo 5 ml L^{-1} , etefón 1.6 ml L^{-1} , yodo 3 ml L^{-1} , yodo 1 ml L^{-1} , selenito de sodio 75 mg L^{-1} , etefón 0.8 ml L^{-1} , etefón 1.2 ml L^{-1} y testigo (con 0.25, 0.25, 0.24, 0.23, 0.20, 0.19, 0.17, 0.16, 0.16, 0.14, 0.14, 0.14 %, respectivamente).

Con respecto a estos resultados, Smolen *et al.* (2016) indican que el selenito de sodio al ser absorbido, es transformado en diferentes formas orgánicas de selenio y acumulado en las raíces, como consecuencia de su baja movilidad en xilema, por lo que estos resultados corroboran lo reportado en otros trabajos, donde se menciona que tanto la aplicación vía foliar y a través de la solución nutritiva, se correlaciona con el incremento de su concentración en tejido en diversos cultivos (Ramos *et al.*, 2010; Guardado-Félix *et al.*, 2017), entre ellos el jitomate (Zhu *et al.*, 2016). En este sentido, Palencia *et al.* (2016) en fresa 'Splendor' reportan un incremento significativo de los valores medios de acidez titulable, cuando se realizaron aplicaciones de selenio tanto de manera foliar como al sustrato.

Licopeno. A los 9 días después de la cosecha la concentración de licopeno de los frutos analizados mostro para el tratamiento con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ el valor más alto (con 14.65), es estadísticamente igual a los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹, testigo, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 13.45, 13.16, 12.14, 12.06, 11.89 mg 100g⁻¹, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con etefón 0.8 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 11.81, 11.74, 11.63, 11.28, 10.85, 9.15, 8.92 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

Con respecto a estos resultados, Ramírez *et al.* (2012) al evaluar la aplicación foliar de 125, 175 y 200 mg L⁻¹ de prohexadiona de calcio en jitomate 'Floradade' reportan un incremento en el contenido de licopeno con valores de 19 µg g⁻¹, donde el resultado más claro se observó cuando los frutos habían iniciado su proceso de maduración, lo anterior se sugiere como un efecto directo en la inhibición en la síntesis de giberelinas (Ozbay y Ergun, 2015), lo cual convierte a la prohexadiona de calcio como alternativa en el manejo agronómico que permite un incremento en la acumulación de licopeno como un importante compuesto

antioxidante que coadyuva en el cuidado de la salud. En contraste, Figueroa-Cares *et al.* (2018) reportan para variedades comerciales tipo saladette ‘Tointer’, ‘Tormenta’, ‘Tónico’, ‘Bejo’ y ‘BSS486’ concentraciones de licopeno de 1.99, 2.42, 0.78, 2.22 y 2.31 mg 100 g⁻¹, respectivamente. En otros cultivos, como el rosal (*Rosa hybrida* L.) Schmitzer *et al.* (2012) reportan un efecto positivo de la aplicación de prohexadiona de calcio sobre los pétalos con referencia al desarrollo de los parámetros de color y los contenidos de flavonoles específicamente las antocianinas, donde además también se indica un efecto benéfico sobre el comportamiento del proceso de senescencia durante su manejo poscosecha (Ramírez *et al.*, 2010; Pai-Tsang, 2016).

Cuadro 4. Concentración de sólidos solubles, acidez titulable y licopeno en frutos de jitomate saladette sometidos a tratamientos con biorreguladores.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (° Brix)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)
E1	4.65 ba*	0.14 f	11.81 bc
E2	4.93 a	0.14 f	11.89 bac
E3	4.15 b	0.19 dc	13.45 ba
P-Ca1	5.15 a	0.25 b	8.92 d
P-Ca2	4.86 a	0.24 b	11.63 bdc
P-Ca3	4.86 a	0.25 b	14.65 a
Y1	4.71 ba	0.16 fe	11.74 bc
Y2	4.68 ba	0.17 de	9.15 dc
Y3	4.75 ba	0.20 c	11.28 bdc
SS1	4.66 ba	0.16 fe	12.06 ba
SS2	4.77 ba	0.34 a	12.14 ba
SS3	4.87 a	0.23 b	10.85 bdc
T	4.75 ba	0.14 f	13.16 ba
DMSH	0.68	0.02	2.79

Etefón (E: ml L⁻¹); E1 (0.8); E2: (1.2); E3:(1.6); prohexadiona de calcio (P-Ca: mg L⁻¹); P-Ca1 (50); P-Ca2 (100); P-Ca 3(200); yodo (Y: ml L⁻¹); Y1(1); Y2 (3); Y3 (5); selenito de sodio (SS: mg L⁻¹); SS1(75); SS2(125); SS3(175); T: testigo. *DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (p≤0.05).

4.6. CONCLUSIONES

El uso de yodo permitió un incremento en la brillantez y tonalidad de color, manteniendo sin cambios la pureza de color, de igual manera sobre la concentración de sólidos solubles totales. Por otro lado, la prohexadiona de calcio promovió un incremento en el peso de fruto, diámetro ecuatorial y concentración de licopeno. Adicionalmente las plantas con frutos con mayor firmeza y acidez fueron observadas con la aplicación de selenito de sodio.

4.7. LITERATURA CITADA

- AOAC (1990). Official Methods and Analysis, 14th. Ed. AOAC International, VA, EE. UU. 1006 p.
- Bapat, V., Trivedi, P., Ghosh, A., Sane, V., Ganapathi, T., and Nath, P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1), 94-107.
- Basu, A. and Imrhan, V. (2007). Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(3), 295-303
- Beckles, D. M. (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 63, 129-140.
- Becvort-Azcurra, A., Fuentes-Lara L.O., Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Robledo-Torres, V. y Rodríguez-Mendoza, M. N. (2012). Aplicación de selenio en tomate: crecimiento, productividad y estado antioxidante del fruto. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 291-301.
- Bertin, N. (2005). Analysis of the Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication. *Annals of Botany*, 95, 439-447.
- Blasco, B., Rios, J. J., Cervilla, L. M., Sánchez-Rodríguez, E., Ruiz J. M. and Romero, L. (2008). Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: potential benefits for cultivation and human health. *Annals of Applied Biology*, 152, 289-299.
- Bünger-Kibler, S. and Bangerth, F. (1983). Relationship between cell number, cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.),

and those induced parthenocarpically by the application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation*, 1, 143–154

- Carra, B., Spagnol, D., Sozo, A. E., Da Silveira, P. M., Pereira, D. C., Hellwing, C. G. and Fachinello, J. C. (2017). Prohexadione calcium reduces vegetative growth and increases fruit set of 'Smith' pear trees in Southern Brazil. *Bragantia*, 76, 360-371.
- Carrillo-López, A. and Yahia, E. M. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCl⁺-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2720-2726.
- Carvalho, J.O., Luz, J.M. Juliatti, F.C. Melo, L.C. Teodoro, R.E. y Lima, L.M. (2003). Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. *Horticultura Brasileira*, 21(3), 525-533.
- Casierra-Posada, F. y Constanza-Cardozo, M. (2009). Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 62, 4815-4822.
- Casierra-Posada, F., y Aguilar-Avendaño, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26, 300-307.
- Choi, K., Lee, G., Han, Y. J. and Bunn, J. M. (1995). Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 38, 171-176.
- Contreras, R. (2007). El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color. Primera edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86
- Cortés-Flores, C., Rodríguez-Mendoza, M. N., Benavides-Mendoza, A., García-Cué, J. L., Tornero-Campante, M. y Sánchez-García, P. (2016). El yodo aumenta el crecimiento y la concentración de minerales en plántulas de pimiento morrón. *Agrociencia*, 50, 747-758.
- Crassweller, R., Braun, H., Baugher, T., Greene, G. and Hollendar, R. (1991). Color evaluations of 'Delicious' strains. *Fruit Varieties Journal*, 45, 114 -120
- Cuesta, G. y Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20, 215-222.

- De la Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., Lozano-Gutiérrez, J., Padilla-Bernal, L. E., Avelar-Mejía, J., y Castañeda-Miranda, R. (2016). Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3439-3452.
- Dhall, R. K. and Sing, P. (2013). Effect of ethephon and ethylene gas on ripening and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during cold storage. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3, 244.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martin, A. (2009). Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región. 60 p.
- Evans, J. R.; Ishida, C. A.; Regusci, C. L. and Rademacher, W. (1997). Mode of action, metabolism and uptake of BAS- 125W, prohexadione-calcium. *Horticultural Science*, 324, 557-558.
- FAO. (2017). FAOSTAT. Roma (Italia): Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Figueroa-Cares, I. E., Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E., Colinas-León, M. T. y Valle-Guadarrama, S. (2018). Calidad nutricional y capacidad antioxidante en variedades y genotipos nativos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ*, 35, 63-84.
- FIRA (2016). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario Tomate Rojo. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 36p.
- Fry, S. C. (2004). Primary cell wall metabolism: tracking the carriers of wall polymers in living cells. *New Phytol* 161, 641–675
- García-Osuna, H. T., Benavides-Mendoza, A., Rivas-Morales, C., Morales-Rubio, E., Verde-Star, J., and Miranda-Ruvalcaba, R. (2014). Iodine application increased ascorbic acid content and modified the vascular tissue in *Opuntia ficus-indica*. *Pakistan Journal of Botany*, 46, 127-134.
- Gómez, C., Buitrago, C., Cante M. y Huertas, B. (1999). Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfi*, 26(1-3), 42-55.
- Greene, D. (2008). The effect of repeat annual applications of prohexadione-calcium on fruit set, return bloom and fruit size of apples. *Horticultural Science*, 43, 376-379.

- Guardado-Félix, D., Serna-Saldivar, S. O., Cuevas-Rodríguez, M., Jacobo-Velázquez, D. A., and Gutiérrez-Urbe, J. A., (2017). Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 226, 69-74.
- Guerra, M. y Casquero, P. (2005). Evolución de la madurez de variedades de manzana y pera en almacenamiento frigorífico conjunto con absorbedor de etileno. *Información Tecnológica*, 16(4), 11-16
- Gupta N., Bajpai M., Majumdar R., and Mishra, P. (2015) Response of iodine on antioxidant levels of *Glycine max* L. grown under Cd²⁺ stress. *Adv Biol Res*, 9 (1), 40-48.
- Ho. L.C. and J.D. Hewitt. (1986). Fruit development. In: J. G. Atherton and J. Rudich (Eds), *The tomato crop. A scientist basis for improvement* (pp. 201-239). London, U K. Chapman and Hall.
- Hunt, R. (1990). *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners.* Unwin Hyman, Boston.111 p.
- Inbaraj, B. S., and Chen, B. H. (2008). Carotenoids in tomato plants. In V. Preedy and R. Watson (Eds.), *Tomatoes and tomato products: nutritional, medicinal and therapeutic properties* (pp. 133-164). CRC Press, LLC.
- Jackson, D. I., y Looney, N. E. (2003). Utilización de biorreguladores en fruticultura. *In: Producción de frutas de climas templados y subtropicales.* Ed. Acribia. España. pp. 119-120.
- Jiang T., Wang P., Yin X., Zhang B., Xu C., Li X., and Chen K. (2011). Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 452-458.
- Kader, A. (2002). Fruits in the global market. In M. Knee (Ed.) *Fruit quality and its biological basis USA*.pp. 1-16.
- Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, T. H., Real, A. R., and Perata, P. (2013). Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. *Frontier in Plant Science*, 4, 205.
- Krug, H. (1997). Environmental influences on development growth and yield. pp. 101- 180. In: H.C. Wien (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops.* CABI Publishing, London. 662 p.
- Larson, K. D.; and Shaw, D.V. (2000). Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field trials. *Horticulturae Science*. 35, 642 - 646.

- Lawson, P. G., Daum, D., Czauderna, R., Meuser, H., and Härtling, J. W. (2015). Soil versus foliar iodine fertilization as a biofortification strategy for field-grown vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 6, 450.
- Lehr, J. J., Wybenga J. M., and Rosanow M. (1958). Iodine as a micronutrient for tomatoes. *Plant Physiology*. 33, 421-427.
- Leyva, R., Sánchez-Rodríguez, E., Ríos, J. J., Rubio-Wilhelmi, M. M., Romero, L., and Ruíz, J. M. (2011). Beneficial effects of exogenous iodine in lettuce plants subjected to salinity stress. *Plant Science*, 181, 195-202.
- Lindhout, P. (2005). Genetics and breeding, pp. 20-51. In: *The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement*. Atherton, J.G., and Rudich, J. (Eds) Chapman and Hall, London, England
- López-Camelo, A.L., Gómez, P., and Artés, F., (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae*, 599, 305-308.
- Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12), 1254-1255.
- Medrano-Macias, J., Leija-Martinez, P., Gonzalez-Morales, S., Juarez-Maldonado, A. and Benavides-Mendoza, A. (2016). Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1146
- Meli, V. S., Ghosh, S., Parva, T. N., Chakraborty, S., and Datta, A. (2010). Enhancement of fruit shelf life by suppressing N-glycan processing enzymes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 2413-2418.
- Minolta (2007). *Precise Color Communication*. Minolta Corporation Instrument System Division. Tokio, Japan. 62 p.
- Montoya, H. C., Cortés, O. J. A. y Chaves, O. J. A. (2014). Sistema automático de reconocimiento de frutas basado en visión por computador. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22, 504-516.
- Osby, N., and Ergun, N. (2015). Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 932-938.
- Padrón, P. C. A., Padrón, L. G. M., Montes, H. A. I., y Oropeza, G. R. A. (2012). Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*, 36, 97-111.

- Pai-Tsang C (2016). Influence of Prohexadione-Calcium on the growth and quality of summer 'Jen-Ju Bar' guava fruit. *Journal of Plant Growth Regulation* 35, 980-986.
- Palencia, P., Martínez, F., Burducea, M., Oliveira, J. A., y Giralde, I. (2016). Efectos del enriquecimiento con selenio en SPAD, calidad de la fruta y parámetros de crecimiento de plantas de fresa en un sistema de cultivo sin suelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 202-212.
- Pérez-López, A., Carrillo-Salazar, J. A., Colinas-León, M. T., y Sandoval-Villa, N. (2005). Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzch) con etefón. *Agrociencia*, 39, 639-646.
- Privé, J. P., Cline, J., and Fava, E. (2006). Influence of prohexadione calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 227-233.
- Rademache R, W. (2004). Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 653, 9-15
- Ramírez, H., Alvarez-Maldonado, V. M., Aguilar, C. N., Wong-Paz, J. E., Zermeño-González, A., Vázquez-Badillo, M. E., Zavala-Ramírez, M. G., y Mendoza-Castellanos, J. (2017). La prohexadiona-ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar shiraz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4, 13-20.
- Ramírez, H., Amado-Ramírez, C., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., y Martínez-Osorio, A. (2010). Prohexadiona-Ca, AG₃, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16, 83-89.
- Ramírez, H., Herrera-Gámez, B., Méndez-Quiroa, Y. H., Benavides-Mendoza, A., De la cruz-Breton, J. A., Álvarez-Mares, V., Rancaño-Arriola, J. H., y Villareal-Quintanilla, J. A. (2008). Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14, 193-198.
- Ramírez, H., Leza, P.C., Rivera, C.E., Amado, C., Benavides, A., Herrera, B., Martínez, A., and Méndez, O. (2012). Prohexadione-Ca reduces plant height, improves yield and fruit quality on solanaceous crops. *Acta Horticulturae*, 936, 457-462.
- Ramos, S. J. Faquin, V., Guilherme, L. R. G, Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S., Bastos, C. E. A., and Oliveira, C. (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant Soil and Environment*, 56, 584-588.

- Retting, M. y Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42, 2-7.
- Ryall, I., and Lipton, W. (1983). Handling transportation and storage of fruits and vegetables. 1, 587.
- Sadler, G., Davis, J., and Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55, 1460-1461.
- Sanchez, F. (2003). Obtención de plantas ornamentales compactas, mediante la aplicación de paclobutrazol y podas de formación. Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, México. 169 p.
- Schmitzer, V., Veberic, R., and Stampar, F. (2012). Prohexadione-Ca application modifies flavonoid composition and color characteristics of rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *Scientia Horticulturae* 146, 14-20.
- SIAP (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Consultado: 23 diciembre 2017).
- Smoleń, S., Skoczyla, L., Ledwożyw-Smoleń, I., Rakoczy, R., Liszka-Skoczylas, M., Kopeć, A., Piątkowska, E., Bieżanowska-Kopeć, R., Koronowicz, A., Kapusta-Duch, J., and Sady, W. (2016). The quality of carrot (*Daucus carota* L.) cultivated in the field depending on iodine and selenium fertilization. *Folia Horticulturae*, 28, 151-164.
- Srivastava, L. M. (2002). *Plant Growth and Development: Hormones and the Environment*. Academic Press. New York, USA. 772 p
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture, 20 abril-5 mayo, Wageningen, The Netherlands, pp. 883.
- Suárez-Hernández, Á. M., Grimaldo-Juárez, O., García-López, A. M., González-Mendoza, D., y Huitrón-Ramírez, M. V. (2017). Evaluación de portainjertos criollos de *Lagenaria siceraria* en la producción de sandía injertada. *Idesia (Arica)*, 35(1), 39-44.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 p.
- Thompson, D. S. (2001). Extensiometric determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 52, 1291-1301.

- Unrath, C. R. (1999). Prohexadione–Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *Horticultural Science* 34, 1191- 1200.
- Urrestarazu-Gavilán, M. (2003). *Tratado de cultivo sin suelo* (3^a. ed.). Barcelona, España: Mundi Prensa. 914 p.
- Urrieta-Velázquez, J. A., Rodríguez-Mendoza, M. N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G.A., Ruiz-Posada, L. M., y Cueto-Wong, J. A. (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18, 371-381.
- Weng, H.-X., Weng, J. K., Yan, A. L., Hong C. L., Yong W. B. and Qin, Y.C. (2008). Increment of iodine content in vegetable plants by applying iodized fertilizer and the residual characteristics of iodine in soil. *Biological Trace Element Research*, 123 218–228.
- White, P. J., and Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49-84
- Yelle, S., Chetelat, R.T., Dorais, M., De Verna, J.W., and Bennett, A.B. (1991). Sink metabolism in tomato fruit IV. Genetic and biochemical analysis of sucrose accumulation. *Plant Physiology*, 95(4), 1026-1035.
- Zhu, Y. G., Huang, Y. Z., Hu, Y., and Liu, Y.X. (2003). Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. *Environment International*, 29 33-37.
- Zhu, Z., Chen, Y., Zhang, X., and Li, M. (2016). Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 198, 304-310.

V. CONCLUSION GENERAL

El uso de yodo y selenito de sodio aplicados en la presente investigación ejercieron afectaron los parámetros de calidad físicoquímica en la poscosecha de los frutos tanto de jitomate tipo bola como de jitomate tipo saladette, con mayor relevancia en el mantenimiento de la calidad la produjeron el yodo y la prohexadiona sobre los componentes de color, etefón y prohexadiona sobre el peso, yodo y selenito en la firmeza. La mayor acidez se presentó en frutos provenientes de plantas a las que se les aplicó selenito de sodio. En todos los casos en los que se usó algún tipo de biorregulador se tuvieron efectos positivos

sobre los parámetros de la calidad del fruto, por lo que su uso se recomienda para promover una mejor calidad de frutos, tanto de las características físicas como químicas.

VI. LITERATURA CITADA GENERAL

- Bayer cropscience (2005) Curso de invernaderos del INCAPA. Recomendaciones para mantener la calidad post-cosecha. 29 p.
- Beckles, D. M. (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 63, 129-140.
- Becvort-Azcurra, A., Fuentes-Lara, L. O., Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Robledo-Torres, V., y Rodríguez-Mendoza, M. N. (2012). Aplicación de selenio en tomate: crecimiento, productividad y estado antioxidante del fruto. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 291-301.
- Carrillo-López, A., and Yahia, E. M. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCl⁺-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2720-2726.
- Cartes, P., Gianfreda, L., and Mora, M. L. (2005) Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. *Plant Soil* 276, 359-367.
- Casierra-Posada, F., y Aguilar-Avenidaño, Ó. E. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 300-307.
- Cuesta, G., y Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20, 215-222.
- De la Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., Lozano-Gutiérrez, J., Padilla-Bernal, L. E., Avelar-Mejía, J., and Castañeda-Miranda, R. (2016). Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3439-3452.
- Dhall, R. K., and Sing, P. (2013). Effect of ethephon and ethylene gas on ripening and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during cold storage. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3, 244.

- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., and Bangarusamy, U. (2005). Selenium - an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil*, 272 (1-2), 77-86.
- Evans, J. R.; Ishida, C. A.; Regusci, C. L.; and Rademacher, W. (1997). Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. *HortScience*, 324, 557-558.
- Figuerola-Cares, I. E., Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E., Colinas-León, M. T., y Valle-Guadarrama, S. (2018). Calidad nutricional y capacidad antioxidante en variedades y genotipos nativos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 35, 63-84.
- Guardado-Félix, D., Serna-Saldivar, S.O., Cuevas-Rodríguez, M., Jacobo-Velázquez, D. A., and Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 226, 69-74.
- Jiang, T., Wang, P., Yin, X., Zhang, B., Xu, C., Li, X., and Chen, K. (2011). Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 130, 452-458.
- Kader, A. A. (2008) *Mango, Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. Postharvest Technology Research Information Center. Department of Plant Sciences. 4p.
- Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, H. T., Ibaceta, R. R., and Perata, P. (2013). Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. *Front. Plant Science*, 4, 205.
- Leyva, R., Sánchez-Rodríguez, E., Ríos, J. J., Rubio-Wilhelmi, M. M., Romero, L., and Ruíz, J. M. (2011) Beneficial effects of exogenous iodine in lettuce plants subjected to salinity stress. *Plant Science*, 181, 195-202.
- Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonego, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P., and Ben-Arie, R., (2002). Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 301-308.
- López-Camelo, A. L, Gómez, P., and Artés, F. (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae*, 599, 305-308.
- Loué, A. (1988) *Los micronutrientes en la agricultura*. Mundi-Prensa, Madrid. 354p.

- Osby, N., and Ergun, N. (2015). Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50: 932-938.
- Padilla Ramírez, J., Rodríguez-Moreno, V., González Gaona, E., Osuna Ceja, E., y Pérez Barrazarraza, M. (2017). Influencia de Paclobutrazol en el crecimiento de brotes y rendimiento de *Psidium guajava* L. en alta densidad. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*. 19, 3965-3977.
- Pérez, B. M. H.; Osuna, E. T.; Avitia, G. E.; Gutiérrez, E. M. A.; Santiago, C. M. de J.; Ramírez, H. y Cano M. R. (2016). Prohexadione de calcio reduce crecimiento vegetativo e incrementa brotación floral en mango "Ataulfo". *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7(2):263-276.
- Pérez, R., Hernández, I., Cosío, E. y Sanchez, D. (2015). Nuevo activador fisiológico potencializador de la fructificación en papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4), 1065-1073.
- Pezzarossa, B., Remorini, D., Gentile, M.L., Massai, R., (2012). Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 781-786.
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 501-31.
- Rademacher, W. (2014). Prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl: similarities in structure but differences in biological action. *Acta Horticulturae*, 1042, 33-42.
- Rademacher, W., Spinelli, F., and Costa, G. (2006). Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. *Acta Horticulturae*, 727, 97-106.
- Ramírez, H., Alvarez-Maldonado, V. M., Aguilar, C. N., Wong-Paz, J. E., Zermeño-González, A., Vázquez-Badillo, M. E., Zavala-Ramírez, M. G., y Mendoza-Castellanos, J. (2017). La prohexadione-ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar shiraz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4, 13-20.
- Ramírez, H., Amado-Ramírez, C., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., Martínez-Osorio, A. (2010). Prohexadione-Ca, AG₃, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16, 83-89.
- Ramírez, H., Herrera-Gámez, B., Méndez-Quiroa, Y. H., Benavides-Mendoza, A., De la cruz-Breton, J. A., Álvarez-Mares, V., Rancaño-Arriola, J. H., Villareal-

- Quintanilla, J. A. (2008). Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14, 193-198.
- Ramírez, H., Leza, P. C., Rivera, C. E., Amado, C., Benavides, A., Herrera, B., Martínez, A., and Méndez, O. (2012). Prohexadione-Ca reduces plant height, improves yield and fruit quality on solanaceous crops. *Acta Horticulturae*, 936, 457-462.
- Ramírez, H.; Benavides, A. (2003). Horticultural science and industry in Mexico – an overview. *Chronica Horticulturae*, 43(3), 20-25.
- Ryall, L., and Lipton, W. (1983). Handling transportation and storage of fruits and vegetables. 1, 587.
- Urrieta-Velázquez, J. A., Rodríguez-Mendoza, M. N, Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G. A., Ruiz-Posada, L. M, y Cueto-Wong, J. A. (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18, 371-381.
- Valencia-Martínez, E. J. (2012). Evaluación del efecto de biorreguladores para mejorar el amarre, rendimiento y calidad del fruto en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivar anaranjado gigante. ESPE-IASA I. El Prado. 119 p.
- Zhu, Z., Chen, Y., Zhang, X., and Li, M. (2016). Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 198, 304-310.

VII. ANEXOS

Cuadro 1. Cuadrados medios de once variables de calidad de fruto de jitomate tipo bola provenientes de plantas tratadas con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Variable	Días después de la cosecha					
	0	3	6	9	12	15
Luminosidad	22.67**	24.33**	46.37**	36.76**	26.08	20.42**
Chroma	41.82	45.20	65.25	24.99	20.90	56.40*
Hue	267.09*	1060.76**	1282.73**	479.41**	394.28*	136.35
Diámetro ecuatorial	79.25	368.44**	318.62**	141.41**	326.09**	79.45**
Diámetro polar	38.26*	167.78**	157.18**	46.68**	195.81**	36.70**
Forma	0.0033*	0.0038 ^{N.S.}	0.0063	0.0045	0.0014	0.0026
Peso	2699.56*	9694.82**	7933.23**	4431.27**	7527.98**	4709.61**
Firmeza	17.08**	4.86**	4.62**	2.91**	0.80**	0.59**
Sólidos solubles	0.59	0.57	0.19	0.25*	0.53	0.69**
Acidez titulable	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Licopeno	33.44**	31.07**	29.64**	45.98**	66.86**	67.23**

*, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 2. Cuadrados medios de once variables de calidad de fruto de jitomate tipo saladette provenientes de plantas tratadas con biorreguladores, yodo y selenito de sodio.

Variable	Días después de la cosecha					
	0	3	6	9	12	15
Luminosidad	39.65**	47.11**	14.18**	3.62	4.89	4.79
Chroma	0.79	1.65	60.93	98.72**	65.97**	94.02**
Hue	597.17**	336.89**	103.47	49.46	129.00	123.64
Diámetro ecuatorial	145.97**	156.54**	142.23**	140.66*	114.83**	51.89**
Diámetro polar	211.44**	383.73**	215.73**	362.24**	210.76**	123.19**
Forma	0.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso	3886.99**	6098.98**	3912.05**	5565.46**	2828.25**	2503.29**
Firmeza	11.88**	8.91**	9.25**	2.01**	5.00**	0.08*
Sólidos solubles	0.42	0.30	0.22	0.51**	0.84**	3.77
Acidez titulable	0.04**	0.004**	0.006**	0.01**	0.003**	0.003**
Licopeno	22.18**	12.16**	11.96*	7.33**	7.63**	5.97**

*, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

ANEXO EXPERIMENTO 1

ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE BOLA

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características de calidad en frutos de jitomate. El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El diseño experimental fue completamente al azar. Las variables evaluadas fueron color, peso, diámetro ecuatorial y polar, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y licopeno. Entre los principales resultados, se encontró que la aplicación de 1 ml L^{-1} de yodo afectó significativamente los componentes de color como la brillantez y tonalidad con valores de 37.87 y 85.54° , respectivamente, así como al contenido de sólidos solubles totales con 4.94 °Brix con una concentración de 3 ml L^{-1} . Por otro lado, la aplicación de 200 mg L^{-1} de prohexadiona de calcio incrementó el peso de fruto (150.85 g) y la concentración de licopeno con $20.61 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ con una concentración de 50 mg L^{-1} . Adicionalmente, el selenito de sodio a una dosis de 175 y 125 mg L^{-1} resultó importante para la obtención de frutos con mayor firmeza y acidez con valores de 2.75 N y 0.35 % de ácido cítrico, respectivamente. En general el uso de biorreguladores de crecimiento puede considerarse como una alternativa útil en el mantenimiento y expresión de algunos caracteres fisicoquímicos de calidad en fruto de jitomate durante su manejo poscosecha.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., manejo agronómico, retardante de crecimiento, firmeza, sólidos solubles totales, índice de redondez.

Abstract

ETHEPHON, CALCIUM PROHEXADIONE, IODINE AND SODIUM SELENITE IN THE POST-HARVEST QUALITY OF TOMATO BALL

The aim this research was to evaluate the effect of the application of growth bioregulators (ethephon, calcium prohexadione, iodine and sodium selenite) with different concentrations on some quality characteristics in tomato fruits. The study was conducted at the Department of Plant Science at the Universidad Autónoma Chapingo. The experimental design was completely random. The variables evaluated were color, weight, equatorial and polar diameter, roundness index, firmness, total soluble solids, titratable acidity and lycopene. Among the main results, it was found that the application of 1 ml L⁻¹ of iodine significantly affected the color components such as brightness and hue with values of 37.87 and 85.54 °, respectively, as well as the total soluble solids content with 4.94 °Brix with a concentration of 3 ml L⁻¹. On the other hand, the application of 200 mg L⁻¹ of calcium prohexadione increased the fruit weight (150.85 g) and the concentration of lycopene with 20.61 mg mg 100 g⁻¹ with a concentration of 50 mg L⁻¹. Additionally, sodium selenite at a dose of 175 and 125 mg L⁻¹ was important for obtaining fruits with greater firmness and acidity with values of 2.75 N and 0.35 % citric acid, respectively. In general, the use of bioregulators of growth can be considered as a useful alternative in the maintenance and expression of some physicochemical characteristics of quality in tomato fruit during its postharvest handling.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., agronomic management, growth retardant, roundness index, firmness, total soluble solids.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con mayor superficie cultivada a nivel mundial, y constituye un ingrediente esencial en la preparación de diversos platillos, tanto en fresco como procesado (Kiferle *et al.*, 2013) y representa el 30 % de la producción hortícola (Cuesta y Moncada, 2014). En México, con datos oficiales disponibles a 2016, su cultivo alcanza una superficie sembrada de 51,861.10 ha, donde se destacan los estados de Sinaloa (14,220.62 ha), Michoacán (6,946.93 ha), Zacatecas (3,096.98 ha) y Baja California (2,817.00 ha), con rendimiento promedio de 60.79 ton ha⁻¹ (SIAP, 2017), en la que predomina el uso de diversas estructuras de agricultura protegida (malla sombra e invernadero) (FIRA, 2016). Es importante señalar que, a pesar del incremento en la productividad de esta especie hortícola (Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008), es muy frecuente la presencia de una serie de problemas poscosecha relacionadas con daños mecánicos, condiciones inadecuadas de manipulación y almacenamiento, transporte y empaques incorrectos, así como por las características fisiológicas del fruto (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Carrillo-López y Yahia, 2014).

El nivel de aceptación del consumidor final entre los diversos productos hortofrutícolas está ampliamente correlacionado con el adecuado desempeño de sus características físicas externas (color, firmeza y apariencia visual) (Beckles, 2012), y en el caso particular del fruto de jitomate, su mayor consumo se presenta cuando éste ha alcanzado su máxima calidad organoléptica, es decir, cuando la epidermis del fruto ha cambiado a una tonalidad roja, pero sin observarse cambios excesivos en su textura (Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño, 2008; Cuesta y Moncada, 2014), es por ello que el productor considera importante desde el punto de vista técnico y comercial, mantener o retrasar estos cambios el mayor tiempo posible (De la Rosa-Rodríguez *et al.*, 2016), el fruto de jitomate se caracteriza por ser altamente perecedero, debido a que produce etileno e incrementa su sensibilidad al etileno exógeno (Jiang *et al.*, 2011); por lo que es común el uso de temperaturas de almacenamiento entre 10 y 12 °C (Padrón *et*

al., 2012), por su efecto directo sobre la disminución del contenido de clorofila, incremento de licopeno, liberación de volátiles e hidrólisis de pectinas y hemicelulosas, así como en el desarrollo de pudriciones (López-Camelo *et al.*, 2003; Figueroa-Cares *et al.*, 2018)., sin embargo, su uso es limitado en el tiempo y espacio, es decir, sus mejores resultados se observan durante dos semanas, y el costo por el mantenimiento de infraestructura es elevado (Becvort-Azcurra *et al.*, 2012).

En la actualidad, los reguladores del crecimiento (fitohormonas) de origen natural o sintéticos (Ramírez *et al.*, 2010; Osbay y Ergun, 2015), son empleados de manera importante en la agricultura, en las que se obtienen diversos efectos positivos (control del crecimiento vegetativo, cuajado de fruto, incremento brotación de yemas florales, entre otros) y son una herramienta complementaria del manejo agronómico y que coadyuvan al incremento en la productividad de los cultivos (Ramírez *et al.*, 2008), sin embargo, existen otros compuestos de diverso origen natural que aplicados en bajas concentraciones promueven, inhiben o modifican el comportamiento de los procesos morfológicos y fisiológicos en las plantas (Dhall y Singh, 2013; Ramírez *et al.*, 2017), donde la maduración es uno de los procesos fisiológicos que más atención recibe, por su enorme impacto sobre las características intrínsecas de calidad de los productos hortofrutícolas durante su manejo poscosecha (De la Rosa-Rodríguez *et al.*, 2016), puesto que una vez iniciado este proceso, la eficiencia en su control disminuye considerablemente (Jiang *et al.*, 2011).

En jitomate existen diversas investigaciones relacionadas con la aplicación de biorreguladores del crecimiento (Ramírez *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2016; Guardado-Félix *et al.*, 2017), en la que se abarca el uso de retardantes del crecimiento como la prohexadiona de calcio y etefón; activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio), evaluando desde la interacción con la actividad hormonal, crecimiento vegetativo, homogeneidad en la cosecha, así como el desarrollo y maduración del fruto, no obstante, su evaluación se ha realizado de manera individual y con poca o nula información relacionada con el efecto conjunto que provocan sobre el proceso de maduración y el consiguiente

demérito de la calidad del fruto, debido a que este proceso determina las características relacionadas con la aceptación por parte del consumidor, así como del tiempo de consumo del producto, siendo la madurez y el reblandecimiento los principales atributos de perecibilidad en las frutas climatéricas, dado que al cabo de pocos días, se consideran no comestibles debido a la sobremaduración (Cuesta y Moncada, 2014; Osbay y Ergun, 2015).). Es por todo lo anterior, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características fisicoquímicas de calidad en frutos de jitomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa de producción del jitomate se llevó a cabo en un invernadero del postgrado en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo Edo. De México; a una altitud de 2240 msnm. La temperatura del invernadero fluctuó entre 13 y 32°C. Las variables que se midieron fueron registradas en el laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia, en donde la temperatura media se ubicó en 19.3 °C y 41.5 % de Humedad Relativa.

Como material vegetal se utilizó el híbrido 'Imperial' (bola) Imperial tipo indeterminado. El cual se sembró en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue peat moss y vermiculita, el cual se humedeció hasta punto de escurrimiento, colocando una semilla por cavidad. Las semillas se depositaron a 0.5 cm de profundidad aproximadamente y se cubrieron con el mismo sustrato, posteriormente se estibarón las charolas durante cuatro días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación, para después distribuir las bancas dentro del semillero en el área de invernaderos de postgrado.

Se fertilizaron con una solución de steiner y se realizaron aplicaciones de agroquímicos para el control de thrips, mosca blanca, paratíozoa, hongos fitopatógenos y ácaros fitófagos. A los 30 días se realizó el trasplante al invernadero, utilizando tezontle rojo como sustrato. Un día antes del trasplante se aplicó un riego pesado al sustrato para mantenerlo húmedo antes del trasplante. Las plantas se establecieron a una densidad de 8 plantas por m² y fueron conducidas a un solo tallo eliminando manualmente los brotes axilares del tallo principal cada 15 días durante todo el ciclo de cultivo; ésta práctica se inició a los 35 días después del trasplante y hasta concluir el ciclo de cultivo.

Se estableció un diseño completamente al azar con 13 tratamientos y diez repeticiones. Se evaluaron cuatro biorreguladores (Etefón 0.8, 1.2 y 1.6 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50, 100 y 200 mg L⁻¹, Yodo 1, 3 y 5 ml L⁻¹ y Selenito de Sodio 75, 125 y 175 mg L⁻¹) sobre un genotipo de jitomate tipo bola, obteniendo un total de 130 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de un metro cuadrado de cama de tezontle con 8 plantas de jitomate por metro cuadrado. Se realizarán dos aplicaciones de los tratamientos, la primera cuando las plantas presentaron flores en anthesis, y la segunda 15 días después. Los frutos fueron cosechados en la etapa de madurez Virando o pintón y trasladados al laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia.

Variables evaluadas

Color del fruto. Se midió mediante un espectrofotómetro (X-Rite SP62); se determinaron de forma directa sobre la epidermis del fruto la luminosidad o brillantez, el valor "a" precisa la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de "a" indican tonalidades verdes, mientras que los valores positivos dan tonalidades relacionadas con el color rojo. El parámetro "b" mide la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de amarillo-azul, donde valores negativos de "b" definen tonalidades azules, en tanto que valores positivos involucran tonalidades con el amarillo. Los valores se expresarán como L (luminosidad), Cromo y Ángulo Hue.

Luminosidad “L” Varía de 0, que representa un color totalmente oscuro, hasta 100 que corresponde al máximo brillo; define la luminosidad o brillantez de la muestra.

Chroma “C” (saturación) Mide el croma, que expresa la intensidad del color reportando los datos con base al índice de saturación.

Ángulo hue. (tono). El parámetro “h” que mide el ángulo hue que corresponde al ángulo de tono y que se reporta en grados hue (McGuire, 1992).

Peso por fruto. Se obtuvo pesando los frutos individualmente con una balanza electrónica digital marca OHAUS® modelo Scout Pro SP2001, el resultado se expresó en gramos (g).

Diámetro polar del fruto. Fue determinado en el plano polar, utilizando un vernier digital marca TRUPER®.

Diámetro Ecuatorial del fruto. Medido en el plano ecuatorial de cada fruto, con vernier digital marca TRUPER®.

Índice de Redondez. Calculado con el cociente DP / DE. Valores próximos a la unidad indica frutos que tienden a ser esféricos, si el valor es >1 el fruto tiende a ser tipo saladette y cuando es <1 indica que el fruto es más ancho tipo Bola.

Firmeza del fruto. Se midió en la zona ecuatorial de los frutos sin epidermis utilizando un penetrómetro marca Chatillón AMETEK, provisto de un puntal en forma de cono. Registrándose la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal expresada en Newtons ($N\ mm^{-1}$).

Sólidos solubles totales. Se determinaron en el jugo del fruto liberado al cortarlos, mediante un refractómetro digital ATAGO modelo PAL-1 con escala de 0 a 53 %; los resultados se expresaron en °Brix.

Acidez titulable. Se homogeneizaron 20 g de pulpa de fruta con 100 ml de agua destilada, la mezcla se filtró por medio de una gasa y se midió el volumen. De la mezcla obtenida se tomó una alícuota de 10 ml a la que se agregó dos gotas de Fenolftaleína como indicador y se tituló gota a gota con hidróxido de sodio 0.1 N hasta alcanzar a observar un cambio suave de color rosa a azul (AOAC, 1990). La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico.

Contenido de licopeno. Se realizó empleando el método modificado de Sadler *et al.* (1990). Se homogeneizaron 20 g de pulpa con agua destilada, las mezclas obtenidas fueron colocadas en frascos envueltos en papel aluminio y secadas a 38 °C. Se colocó 0.1 g de la pasta en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se les adicionaron 30 ml de una mezcla de hexano/etanol/acetona en la proporción 2:1:1 y se agitaron por 10 minutos. Se adicionaron 18 ml de agua destilada y se volvieron a agitar por cinco minutos, separándose la mezcla en dos fases, acuosa y orgánica. Con matraces de separación se tomó y midió el volumen de la fase orgánica, determinando el contenido de licopeno mediante espectrofotometría a una longitud de onda de $\lambda=470$ nm. Se utilizó la fórmula de Inbaraj y Chen (2008) y los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y un análisis de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Se empleó el paquete de análisis estadístico SAS® (Statistical Analysis System, ver. 9.0) (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Las causas que definen la coloración de un alimento son las siguientes: (1) la presencia de pigmentos o colorantes naturales, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en el tejido, (2) la formación de pigmentos colorantes como consecuencia de reacciones químicas o enzimáticas, (3) la adición intencionada de sustancias químicas colorantes para dar color y (4) el efecto físico de los sistemas fisicoquímicos presentes en el alimento y relacionado con la dispersión de la luz (Retting y Hen, 2014).

La mayoría de los alimentos vegetales deben su color a sus correspondientes pigmentos. Los principales pigmentos responsables de la coloración de los vegetales son: carotenoides, cuyo color varía de amarillo a naranja y rojo; clorofilas, el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a este pigmento; antocianinas, responsables de los colores rojo, naranja, azul y púrpura; flavonoides, pigmentos, generalmente amarillos; betalaínas, divididos en dos grandes clases, betacianinas de coloración rojo, y betaxantinas de color amarillo; y taninos, cuya coloración varía de amarillo-café a incoloro (Contreras, 2007).

Luminosidad.

Cualquier color se sitúa en un espacio tridimensional. La luminosidad viene representada por la coordenada L^* y puede tener valores incluidos en el intervalo que va de 0 (negro) a 100 (blanco). Los cambios de coloración durante la maduración de los frutos de tomate resultan en cambios de los valores L^* , a^* y b^* . López-Camelo *et al.* (2003) señalan que durante la maduración del tomate, inicialmente se sintetiza el fitoeno (incoloro), para posteriormente dar lugar al ζ -

caroteno (amarillo pálido), licopeno (rojo), β -caroteno (anaranjado) y xantofilas y carotenoides hidroxilados (amarillos); los autores destacan además que la síntesis de pigmentos amarillentos precede a la de los rojizos, pero la masiva acumulación de éstos últimos enmascaran a los primeros. Cuando los pigmentos rojos comenzaron a ser sintetizados ocurrió una disminución de los valores de la coordenada L^* que indicó un oscurecimiento o disminución de la luminosidad y los cambios en la coordenada b^* fueron menores.

En todas las fechas en donde se evaluó la luminosidad existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (**Cuadro 1**).

En el análisis de comparación de medias (**Cuadro 2**) se puede observar la prueba de medias para el efecto de la luminosidad, encontrando para el día cero el tratamiento con Etefón 1.6 ml L^{-1} presentó la mayor luminosidad con respecto al tratamiento con Yodo 5 ml L^{-1} con valores de 42.01 y 36.97, respectivamente. Teniendo un efecto del Etefón a proporcionar mayor luminosidad en el producto. No existiendo diferencias significativas con los demás tratamientos en ambos casos.

Para el día 3 de evaluación el tratamiento de Etefón 1.6 ml L^{-1} continuó con la mayor luminosidad (42.09), siendo estadísticamente diferente a los tratamientos de Selenito de sodio y el de Yodo quienes obtuvieron valores menores (37.45 y 36.78, respectivamente). Además se notó una diferencia estadística entre el tratamiento de Prohexadiona de Calcio 100 mg L^{-1} y el de Yodo 1 ml L^{-1}

Al día 6, el tratamiento de Yodo 1 ml L^{-1} obtuvo el valor mas alto de luminosidad, quedando por debajo el jitomate con tratamiento de Etefón de 1.6 el cual había predominado los primeros días seguido por el tratamiento con concentración 0.8 y selenito de sodio.

En los días 9, 12 y 15 sigue predominando el tratamiento de Yodo. El comportamiento de los valores observado para frutos coincide con el estudio de López-Camelo y Gómez (2003) quienes en estudios de jitomate variedad Tommy, los valores de L* no se vieron afectados por los tratamientos de reguladores del crecimiento como el etefón.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable luminosidad evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Luminosidad					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12*	22.67 ***	24.33**	46.37**	36.76**	26.08**	20.42**
ERROR	117	9.09	9.39	17.29	11.78	6.83	4.84
CV		7.60	7.77	12.00	10.50	8.24	7.07
MEDIA		39.65	39.42	34.63	32.68	31.71	31.14

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Chroma.

Los valores de cromaticidad están dados por los valores de a^* y b^* que sitúan el color en un plano perpendicular al eje L^* . En el eje horizontal, los valores positivos de a^* indican tonalidad roja y los valores negativos verde. En el eje vertical, los valores positivos de b^* indican tonalidad amarilla y negativos, tonalidad azul.

La saturación, pureza o croma (C^*) es la relación entre la cantidad de color puro y la cantidad de color gris neutro (muy verde, menos verde). También se define como la proporción de contenido cromático en el total de la percepción, es decir, la relación entre la cantidad de tono del color predominante y la cantidad de color gris o la suma de todos los tonos espectrales.

Cuadro 2. Luminosidad evaluada en jitomate bola con diferentes tratamientos de biorreguladores

Tratamiento	Luminosidad					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	40.14 ba*	39.70 bac	31.68 b	31.30 b	31.68 ba	31.43 bac
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	41.15 ba	41.38 bac	35.08 ba	32.86 ba	32.56 ba	31.45 bac
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	42.01 a	42.09 a	33.20 b	32.13 b	32.52 ba	33.09 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	39.28 ba	39.76 bac	34.46 ba	33.36 ba	31.88 ba	31.33 bac
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	41.51 ba	41.49 ba	34.55 ba	32.48 b	31.83 ba	30.77 bc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	40.27 ba	39.89 bac	34.39 ba	32.73 ba	32.56 ba	30.89 bc
Yodo 1 ml L ⁻¹	38.78 ba	36.78 c	39.52 a	37.87 a	35.61 a	34.38 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	38.10 ba	38.57 bac	36.54 ba	34.43 ba	32.61 ba	31.87 bac
Yodo 5 ml L ⁻¹	36.97 b	38.88 bac	36.31 ba	32.29 b	31.12 b	29.52 c
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	38.59 ba	37.45 bc	31.10 b	29.73 b	29.52 b	29.14 c
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	39.97 ba	38.70 bac	35.47 ba	32.60 b	30.54 b	30.90 bc
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	38.01 ba	38.36 bac	34.14 ba	31.50 b	29.58 b	29.83 bc
Testigo	40.63 ba	39.40 bac	33.74 ba	31.61 b	30.26 b	30.20 bc
DMSH	4.562	4.63	6.29	5.19 b	3.95	3.33

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

La estrecha relación que existe entre la evolución de los pigmentos y su estado de madurez, permite diferenciar con base en los cambios que experimenta el color. Numerosas escalas y cartas de color se han desarrollado para realizar una clasificación subjetiva, de forma gráfica o descriptiva, del estado de maduración en una progresión de tomate verde a tomate rojo.

El tono está relacionado con el tipo de color o tonalidad, y es el atributo por el cual se identifica un color como rojo, verde, azul, naranja, etc. Representa el ángulo (en grados), formado entre la recta que une el punto definido por las coordenadas a^* y b^* con el origen de coordenadas, y el eje de abscisas del Diagrama de Hunter (Crassweller *et al.*, 1991).

En relación con el croma (C^*), para determinado ángulo, éste indicaría cuan puro o intenso es el color en una escala de 0 a 100, donde este último valor expresa la mayor pureza

En las fechas en las que se evaluó la variable chroma (cromaticidad) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos (Cuadro 3). Solo existió una diferencia en la última evaluación y esta se observó entre la media de los tratamientos de Yodo 1 ml L⁻¹ y 5 ml L⁻¹ con el testigo con valores de 36.81, 36.61 contra 27.33 del testigo (Cuadro 4).

Por lo general, las frutas y verduras son pobres fuentes de yodo, aunque con grandes variaciones debido a las diferencias en el contenido de yodo de los suelos. Sin embargo, varios estudios indican que las plantas pueden acumular yodo, y generalmente hay una correlación positiva entre las aplicaciones al suelo y la acumulación final en las plantas (Zhu *et al.*, 2003; Blasco *et al.*, 2008; Weng *et al.*, 2008). La biofortificación con yodo de los cultivos podría ser una estrategia rentable para incrementar los niveles de yodo en los alimentos derivados de plantas y así mejorar la nutrición humana, así como el color (Lawson *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable chroma en biorreguladores aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Chroma					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
MODEL	12*	41.82*	45.20	65.25	24.99	20.90	56.40
ERROR	117	25.28	24.86	32.51	33.55	26.15	32.61
CV		19.24	19.10	17.41	17.68	15.70	17.03
MEDIA		26.12	26.09	32.74	32.75	32.57	33.52

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 4. Chroma evaluado en frutos de jitomate bola (Imperial) con tratamientos de biorreguladores

Tratamiento	Chroma					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	23.11 a*	25.09 a	33.52 a	30.75 a	30.25 a	31.41 ba
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	26.21 a	24.31 a	28.79 a	31.25 a	34.42 a	34.19 ba
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	25.30 a	26.72 a	36.48 a	33.71 a	34.01 a	33.93 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	25.59 a	26.98 a	33.23 a	34.71 a	33.76 a	33.38 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	23.18 a	24.80 a	33.66 a	33.61 a	32.41 a	33.83 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	24.31 a	24.50 a	33.98 a	34.84 a	31.74 a	34.07 ba
Yodo 1 ml L ⁻¹	27.14 a	22.66 a	30.05 a	34.11 a	32.01 a	36.81 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	29.17 a	27.33 a	30.15 a	30.04 a	32.54 a	35.15 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	28.57 a	30.05 a	29.63 a	31.50 a	30.97 a	36.61 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	25.91 a	24.12 a	33.70 a	33.28 a	34.04 a	33.24 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	29.19	26.12 a	31.90 a	31.87 a	34.45 a	32.83 ba
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	27.05	27.07 a	33.37 a	34.02 a	30.79 a	32.99 ba
Testigo	24.87	29.39 a	37.19 a	32.09 a	32.00 a	27.33 b
DMSH	7.60	7.54	8.62	8.76	7.73	8.63

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Tono (° Hue).

La variación genética en el color de los frutos en el género *Lycopersicum* es muy amplia (Lindhout 2005). En el espacio cromático cilíndrico CIE-L*C*h^o, valores de ángulo de tono (h^o) de 0° a 90° indican una tendencia que va del color rojo paulatinamente que cambie por combinación con el amarillo hasta definirse este último. De 90° a 180° la tendencia es del amarillo al verde.

En el Cuadro 6 se presenta la comparación de medias en frutos de jitomate bajo diferentes tratamientos de biorreguladores y su efecto en la tonalidad de color (°Hue). Se puede apreciar que para los días 0 y 3 después de la cosecha no se encontró variación entre tratamientos para el componente de color °Hue. Es hasta el día 6 después de la cosecha cuando se pudo detectar significancia entre los valores de tonalidad de color entre tratamientos, donde el valor mayor lo presentan los frutos del tratamiento con Yodo 1 ml L⁻¹ con un valor de 100.79 °

siendo estadísticamente igual a los otros dos tratamientos de yodo 3 ml L⁻¹ y 5 ml L⁻¹ con valores de 80.58° y 86.24°, respectivamente. Además de lo encontrado anteriormente se observó una diferencia entre el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹ con un valor de °Hue de 86.24° y los tratamientos de Etefón 1.6 y 0.8 ml L⁻¹ los cuales presentaron los valores más bajos (60.17° y 58.71°, respectivamente). Para el día 9 después de la cosecha el tratamiento de Yodo 1 ml L⁻¹ es el que presenta el valor más alto de la tonalidad de color, con una media de 85.54, el cual es diferente a la mayoría de los tratamientos a excepción del de Yodo 5 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹; los tratamientos restantes mostraron valores de °Hue en un rango de entre 59.16° y 60.29°, este último presente en el testigo. En lo que respecta a los días 12 y 15 después de la cosecha, en el análisis de comparación de medias no se visualizan diferencias entre los biorreguladores usados en los distintos tratamientos y su efecto en la tonalidad del color, cuyos valores fluctúan entre 72.91° y 54.54° para el día 12 y en un rango de 65.73° y 53.65° a los 15 días después de la cosecha.

A niveles bajos, el yodo es capaz de aumentar la respuesta antioxidante en las plantas, con efectos protectores contra las tensiones abióticas, como la salinidad (Leyva *et al.*, 2011) o los metales pesados (Gupta *et al.*, 2015). Estos resultados indican la explotación de múltiples efectos positivos para las aplicaciones de yodo (Medrano *et al.*, 2016).

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Hue evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Hue					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
MODEL	12	267.09*	1060.76**	1282.73**	479.41**	394.28**	136.35
ERROR	117	130.57	221.57	241.22	151.76	167.55	102.60
CV		9.32	12.27	21.29	18.52	20.66	16.83
MEDIA		122.49	121.24	72.94	66.51	62.64	60.16

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 6. Hue evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Hue					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	121.53 a*	121.35 a	58.71 c	63.24 b	62.44 a	58.70 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	123.79 a	133.31 a	63.33 bc	59.16 b	56.89 a	53.65 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	130.51 a	123.18 a	60.17 c	60.59 b	54.54 a	58.10 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	120.36 a	118.40 a	71.10 bc	68.01 ba	59.88 a	65.73 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	121.05 a	120.48 a	67.49 bc	64.75 b	62.90 a	61.07 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	129.03 a	121.25 a	72.69 bc	66.51 b	72.91 a	57.51 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	117.29 a	134.49 a	100.79 a	85.54 a	72.07 a	65.73 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	115.78 a	117.27 a	80.58 bac	69.64 ba	57.82 a	57.60 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	127.80 a	127.36 a	86.24 ba	72.60 ba	70.02 a	61.53 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	119.42 a	115.28 ba	67.19 bc	66.85 b	66.94 a	63.12 a
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	129.27 a	122.98 a	73.34 bc	61.85 b	59.32 a	63.12 a
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	120.77 a	127.84 a	74.67 bc	65.60 b	63.91 a	60.38 a
Testigo	115.74 a	92.88 a	71.93 bc	60.29 b	54.67 a	55.79 a
DMSH	17.28	22.51	23.49	18.63	19.58	15.32

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Diámetro Ecuatorial.

El tamaño es uno de los criterios de calidad del tomate, ya que al igual que el color, define su valor comercial (Urrestarazu-Gavilán, 2003). El incremento en los diámetros y en el volumen del fruto de tomate depende de la extensibilidad epidermal (Thompson, 2001) y del desarrollo de los tejidos del pericarpio, los cuales, generalmente comprenden más de las dos terceras partes del total del peso del fruto (Ho y Hewitt, 1986). La división y elongación de los tejidos del pericarpio son determinantes para el crecimiento del fruto de tomate. Mientras que las células epidérmicas se dividen durante todo el desarrollo del fruto, la división en el pericarpio está limitada a un corto periodo del desarrollo del fruto y está localizada en los tejidos externos alrededor de los haces vasculares y en la hipodermis, una vez la división celular finaliza, la expansión celular comienza para incrementar el tamaño del fruto (Bertin, 2005). En tomate, las células

grandes endorreduplicadas están localizadas en el mesocarpo (Bunger-Kibler y Bangerth, 1983).

En los frutos de jitomate, el diámetro de los frutos presenta una curva sigmoide simple, esta curva de aumento en el diámetro transversal en función del tiempo son las que mejor describe el crecimiento del fruto y es usada por la ventaja de ser de fácil determinación, no destructiva y permiten el seguimiento a lo largo del periodo de crecimiento, además de que sirven para estimar el peso que tendrá el fruto a cosecha.

En el Cuadro 7 se puede observar el análisis de los cuadrados medios y la significancia estadística de la variable diámetro ecuatorial de jitomate tipo bola bajo la aplicación de tratamientos de biorreguladores. Se puede observar que se presenta una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) de los tratamientos a partir de los 3 días después de la cosecha y hasta los 15 días después de la cosecha.

En el análisis de comparación de medias para la variable Diámetro Ecuatorial, Cuadro 8, se puede ver que para el día 0 no se encontró variación entre tratamientos para el Diámetro Ecuatorial, no obstante, para el día 3 el tratamiento con el valor más alto de diámetro ecuatorial fue el yodo 5 ml L⁻¹ (71.61 mm), estadísticamente es igual a los tratamientos de prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 69.58, 68.30, 68.18, 64.24 y 64.05 mm) pero presenta diferencias con respecto a los tratamientos de Etefón 1.6 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, testigo y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con valores de 68.3, 60.42, 58.36, 58.36, 56.50, 56.47, 55.26 y 53.62 mm, respectivamente).

El día 6 después de la cosecha los valores más altos los presentaron los tratamientos de yodo 5 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ y Etefón 1.6 ml

L⁻¹ (con valores de 70.76, 70.14 y 69.21 mm, respectivamente), estos son estadísticamente iguales a los tratamientos de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ y Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹ (con diámetros de 65.92, 65.23, 62.32 y 61.12 mm, respectivamente). Los tratamientos con valores mayores mencionados anteriormente, presentaron diferencias frente a los tratamientos de Etefón 0.8 y 1.2 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Testigo y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ con valores menores (58.88, 57.99, 57.92, 57.32, 56.19 y 54.08 mm correspondientes a cada uno).

Para el día 9, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ presentó el valor superior de diámetro (70.56 mm), estadísticamente diferente a los tratamientos de selenito de sodio 175 y 125 mg L⁻¹, Testigo y Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹ con valores menores (62.12, 61.92, 61.53 y 56.34 mm, respectivamente).

En el día 12 después de la cosecha los valores superiores fueron para los tratamientos con Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (66.40, 65.81, 65.76 y 65.23 mm, respectivamente), estos son estadísticamente iguales a los tratamientos de Etefón 1.6 ml L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (63.21, 60.30 y 60.21 mm, respectivamente); pero muestran diferencias con los tratamientos de selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Testigo y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ siendo estos últimos menores (56.83, 56.70, 54.70, 53.64, 52.10 y 50.00 mm, respectivamente).

El día 15 después de la cosecha el tratamiento de Yodo 5 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ tuvieron los valores mayores (69.12 y 69.07 mm, respectivamente) de diámetro ecuatorial, estos tratamientos son diferentes estadísticamente respecto de los tratamientos de Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ que presentaron los valores más bajos en comparación con los primeros (61.70, 61.22 y 60.58 mm, respectivamente).

En el diámetro ecuatorial el tratamiento con Yodo es el que obtuvo una mayor consistencia, encontrándose entre los que presentaron mayores valores en 4 de los 6 momentos evaluados, esto puede estar relacionado con lo mencionado por *Hong et al.* (2008), quienes indican que el yodo puede acelerar el crecimiento vegetal, con experimentos de cultivo en macetas, en plántulas de cuatro hortalizas (Calabaza china, lechuga, jitomate y Zanahoria) con un tratamiento de yodo exógeno de 10 mg kg⁻¹, la biomasa de los cuatro vegetales aumentó un poco en comparación con el grupo de control cultivado sin yodo, lo que indica una promoción en el crecimiento vegetal. Sin embargo, cuando el yodo exógeno era superior a 25 mg kg⁻¹, la biomasa vegetal disminuyó con el aumento de los niveles de yodo.

Por otro lado, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ también obtuvo buenos resultados promoviendo el incremento en el diámetro ecuatorial. Como biorregulador, la Prohexadiona de Calcio está relacionada con una disminución del crecimiento vegetativo en las plantas, como retardante de crecimiento, su acción se produce al bloquear la síntesis de giberelinas que son activas biológicamente (*Evans et al.*, 1997; *Rademacher*, 2004), esta síntesis de giberelinas es bloqueada en los ápices, reduciendo así el crecimiento vegetativo, de esta manera induce la diferenciación de yemas florales y se aumenta el cuajado en los frutos (*Unrath*, 1999).

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Diámetro Ecuatorial evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Diámetro ecuatorial (mm)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12 *	79.256598	368.44**	318.62**	141.41**	326.09**	79.45**
ERROR	117	46.516617	44.44	45.20	28.96	26.71	22.87
CV		10.75	10.76	10.82	8.41	8.71	7.39
MEDIA		63.40	61.92	62.08	63.93	59.30	64.68

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 8. Análisis de comparación de medias de Diámetro Ecuatorial evaluado en frutos de jitomate bola (Imperial) con diferentes tratamientos de biorreguladores.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	60.49 a*	56.50 de	58.88 bc	65.30 ba	53.64 dc	62.14 ba
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	63.28 a	60.42 bdec	57.99 bc	62.90 bac	60.21 bac	61.70 b
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	65.46 a	68.30 bac	69.21 a	69.23 ba	63.21 ba	60.58 b
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	65.85 a	53.62 e	54.08 c	62.83 bac	50.00 d	63.55 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	61.15 a	68.18 bac	65.23 ba	62.79 bac	54.70 dc	65.47 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	66.45 a	69.58 ba	70.14 a	70.56 a	65.23 a	69.07 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	58.98 a	58.36 dec	57.92 bc	63.35 bac	56.70 bdc	64.86 ba
Yodo 3 ml L ⁻¹	67.52 a	64.24 bdac	62.32 bac	63.75 bac	65.76 a	64.87 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	67.32 a	71.61 a	70.76 a	68.52 ba	66.40 a	69.12 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	61.48 a	56.47 de	57.32 bc	56.34 c	56.83 bdc	66.97 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	62.81 a	58.36 dec	61.12 bac	61.92 bc	60.30 bac	61.22 b
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	62.12 a	64.05 bdac	65.92 ba	62.12 bc	65.81 a	66.89 ba
Testigo	61.26 a	55.26 de	56.19 bc	61.53 bc	52.10 d	64.38 ba
DMSH	10.31	10.08	10.17	8.14	7.81	7.23

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Diámetro Polar

El crecimiento se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras, como una función del genotipo y el ambiente (Krug, 1997), dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta o de un órgano. Es un proceso complejo que incluye muchos fenómenos como división celular, elongación, fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración (Gómez *et al.*, 1999). El crecimiento puede ser cuantificado mediante el empleo de un conjunto de índices basados en modelos definidos mediante expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990).

En la evaluación de los cuadrados medios y la significancia estadística de la variable Diámetro polar (Cuadro 9), podemos observar que en la primera fecha, a los 0 días después de la cosecha no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$), sin embargo a los 3, 6, 9, 12 y 15 días existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$).

En el análisis de comparación de medias para la variable Diámetro Polar (Cuadro 10), se observa que para el día 0 no se tienen diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. En el día 3 después de la cosecha el tratamiento con la media más alta fue el de yodo 5 ml L^{-1} con 56.29 mm , es estadísticamente igual a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 200 mg L^{-1} , prohexadiona de calcio 100 mg L^{-1} , Etefón 1.6 ml L^{-1} , Selenito de sodio 175 mg L^{-1} , Yodo 3 ml L^{-1} y Yodo 1 ml L^{-1} ($55.55, 54.11, 53.51, 51.59, 51.02, 48.89 \text{ mm}$, respectivamente), en cambio tuvo diferencias altamente significativas con los tratamientos de Etefón 1.2 ml L^{-1} , Selenito de sodio 125 mg L^{-1} , Selenito de sodio 75 mg L^{-1} , Testigo, Etefón 0.8 ml L^{-1} y prohexadiona de calcio 50 mg L^{-1} quienes obtuvieron valores menores ($48.07, 47.06, 46.40, 45.95, 44.85$ y 44.61 mm , respectivamente).

En el día 6 después de la cosecha los valores mayores los obtuvieron los tratamientos de prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} (55.30 mm) y el tratamiento de Yodo 5 ml L^{-1} (54.88 mm), estos fueron estadísticamente iguales a los tratamientos de Etefón 1.6 ml L^{-1} , Prohexadiona de Calcio 100 mg L^{-1} , Selenito de sodio 175 mg L^{-1} , Yodo 3 ml L^{-1} , Selenito de sodio 125 mg L^{-1} y Yodo 1 ml L^{-1} (con medias de tratamientos de $53.53, 53.33, 52.76, 49.28, 48.78$ y 48.17 mm , respectivamente); los primeros tratamientos mencionados, presentan diferencias frente a los tratamientos Testigo, Selenito de sodio 75 mg L^{-1} , Etefón 0.8 ml L^{-1} , prohexadiona de calcio 50 mg L^{-1} y Etefón 1.2 ml L^{-1} los cuales presentaron un menor diámetro polar (con valores de $46.87, 45.88, 45.85, 44.58, 44.54 \text{ mm}$).

Para el día 9 después de la cosecha el tratamiento con la media más alta fue de Yodo 5 ml L^{-1} con 54.23 mm , teniendo diferencias con los tratamientos Testigo y

selenito de sodio 75 mg L⁻¹ que presentaron valores menores (48.35 y 45.64 mm, respectivamente).

El día 12 después de la cosecha se observó que los tratamientos que presentaron una media más alta fueron los de Yodo 5 ml L⁻¹ (con 52.69 mm), selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con 51.94 mm) y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (con 51.74 mm), estos tratamientos presentan diferencia estadística con los tratamientos de selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, Testigo y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ los cuales presentan menores medias de la variable diámetro polar (45.12, 44.48, 43.16, 43.04, 40.84 y 39.67 mm, respectivamente).

Para el día 15 después de la cosecha el tratamiento con la media de diámetro polar más alta fue el de Yodo 5 ml L⁻¹ (con 53.65 mm), este tuvo diferencias estadísticas con los tratamientos de selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ que presentaron valores de media menores (48.36, 48.31, 47.96, 47.49 y 46.47 mm, respectivamente).

En el incremento del diámetro polar, el tratamiento con yodo 5 ml L⁻¹ fue el que estuvo presente en más ocasiones entre los que promovieron un incremento de la variable antes mencionada, esto puede estar relacionado con investigaciones que concluyen que el yodo aumenta la altura, el número de tallos, los pesos frescos y secos de la cebada a concentraciones de 0.5 y 1.0 ppm. En el tomate, el crecimiento se incrementa a 0.5 ppm y la estimulación máxima se produce a 1.0 ppm. Al igual que en la cebada, 5.0 ppm no ejercen efecto. En las plantas de tomate, una cantidad muy baja de yoduro puede estimular el crecimiento y, en cierta medida, mejorar el rendimiento (Lehr *et al.*, 1958).

Otro tratamiento que muestra un incremento del diámetro polar fue el de prohexadiona de calcio, lo cual concuerda con un beneficio al proceso de

fructificación; así como el aceleramiento y aumento de yemas florales y amarre de fruto, debido a que la modificación en el flujo de fotoasimilados hacia tejidos meristemáticos favorece a esos procesos (Jackson y Looney, 2003; Sánchez, 2003).

Índice de redondez

El crecimiento se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras, como una función del genotipo y el ambiente (Krug, 1997), dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta o de un órgano. Es un proceso complejo que incluye muchos fenómenos como división celular, elongación, fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración (Gómez *et al.*, 1999). El crecimiento puede ser cuantificado mediante el empleo de un conjunto de índices basados en modelos definidos mediante expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990).

Cuadro 9. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Diámetro Polar evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Diámetro Polar (mm)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12*	38.26*	167.78**	157.18**	46.68**	195.81**	36.70**
ERROR	117	21.29	28.15	27.37	15.10	17.48	9.80
CV		9.28	10.64	10.56	7.73	8.92	6.31
MEDIA		49.70	49.84	49.52	50.23	46.85	49.55

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 10. Diámetro polar evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Diámetro polar (mm)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	47.80 a *	44.85 e	45.85 bc	52.03 ba	43.16 dc	48.31 bc
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	49.07 a	48.07 ebdc	44.54 c	49.28 bac	47.26 bac	46.47 bc
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	49.60 a	53.51 bdac	53.53 ba	51.69 ba	50.53 ba	47.49 bc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	51.12 a	44.61 e	44.58 c	49.48 bac	39.67 d	47.96 bc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	47.82 a	54.11 bac	53.33 ba	50.16 bac	43.04 dc	49.27 bac
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	51.98 a	55.55 ba	55.30 a	52.71 ba	51.74 a	50.43 bac
Yodo 1 ml L ⁻¹	47.20 a	48.89 ebdac	48.17 bac	48.86 bac	44.48 bdc	50.25 bac
Yodo 3 ml L ⁻¹	53.06 a	51.02 ebdac	49.28 bac	49.85 bac	50.05 ba	50.28 bac
Yodo 5 ml L ⁻¹	51.30 a	56.29 a	54.88 a	54.23 a	52.69 a	53.65 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	49.94 a	46.40 edc	45.88 bc	45.64 c	45.12 bdc	51.66 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	50.62 a	47.06 edc	48.78 bac	49.93 bac	48.50 bac	48.36 bc
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	50.08 a	51.59 ebdac	52.76 ba	50.73 bac	51.94 a	50.82 bac
Testigo	46.54 a	45.95 ed	46.87 bc	48.35 bc	40.84 d	49.26 bac
DMSH	6.98	8.02	7.91	5.87	6.32	4.73

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Larson y Shaw (2000) mencionan que la forma y el tamaño de los frutos son características varietales, aunque se ven influenciados por la posición en la inflorescencia y otros factores ambientales

En los días en los que fue evaluada la variable Índice de redondez (Cuadro 11), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos para dicha variable, los valores de media obtenidos muestran una mínima variación en la forma del fruto debido a los efectos de la aplicación de biorreguladores (Cuadro 12).

El crecimiento en volumen de los frutos, tiene un aumento irreversible como consecuencia del incremento en masa y número de las células y, por consiguiente, se incrementa su tamaño. (Casierra *et al.*, 2009). Al no existir diferencias significativas en el índice de redondez se puede decir que los

reguladores de crecimiento no interfirieron en la forma del fruto, y el efecto en el crecimiento se llevó a cabo de manera homogénea en el fruto.

En cuanto a índice de redondez, la forma de fruto de acuerdo a la relación longitud/diámetro los frutos con valores menores a 1 son considerados como achatados, mayores a 1 como alargados y valores de 0 como frutos redondos. Cuando el tomate no presenta deformación física de acuerdo a la forma típica de la variedad; para el tipo bola debe ser un fruto oblongo simétrico, siendo mayor su diámetro ecuatorial que su diámetro polar.

Cuadro 11. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Índice de Redondez evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Índice de redondez (mm)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12 *	0.0033*	0.0038	0.0063	0.0045	0.0014	0.0026
ERROR	117	0.0035	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0027
CV		7.55	6.64	6.31	6.52	6.61	6.79
MEDIA		0.78	0.80	0.79	0.78	0.79	0.76

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

En el Cuadro 14 se puede observar la prueba de comparación de medias para el efecto de la variable Peso, en donde para el día cero no se presentó diferencia significativa para el efecto de los reguladores de crecimiento sobre la variable peso.

En el día 3 después de la cosecha el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹ presentó el mayor peso (171.65 g), siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, y Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con valores de 150.23, 138.72, 136.92, 123.41, 119.60 y 105.09 g, respectivamente) y presentando diferencias estadísticas respecto a los tratamientos con Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Testigo y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con valores de 96.88, 92.58, 89.38,

81.07, 77.57 y 69.76 g, respectivamente) cuyas medias de tratamientos son menores.

Cuadro 12. Índice de Redondez evaluada en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Índice de redondez (mm)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	0.79 a*	0.79 a	0.77 a	0.80 a	0.81 a	0.77 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	0.77 a	0.79 a	0.76 a	0.78 a	0.78 a	0.75 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	0.77 a	0.78 a	0.76 a	0.75 a	0.80 a	0.78 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	0.78 a	0.83 a	0.83 a	0.79 a	0.79 a	0.75 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	0.78 a	0.79 a	0.82 a	0.80 a	0.78 a	0.75 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	0.78 a	0.80 a	0.79 a	0.74 a	0.79 a	0.73 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	0.80 a	0.84 a	0.83 a	0.77 a	0.78 a	0.77 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	0.78 a	0.79 a	0.78 a	0.78 a	0.76 a	0.77 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	0.76 a	0.78 a	0.77 a	0.79 a	0.79 a	0.78 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	0.81 a	0.82 a	0.80 a	0.81 a	0.79 a	0.77 a
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	0.81 a	0.80 a	0.79 a	0.80 a	0.80 a	0.79 a
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	0.80 a	0.80 a	0.80 a	0.81 a	0.79 a	0.76 a
Testigo	0.76 a	0.83 a	0.83 a	0.79 a	0.78 a	0.76 a
DMSH	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

En el día 6 después de la cosecha el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹ presentó el mayor peso (162.91 g), es estadísticamente igual a las medias de los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con valores de 153.35, 138.42, 133.78, 130.31 y 111.65 g, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Testigo y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con medias de 107.59, 106.41, 106.24, 88.61, 85.24, 82.26 y 73.00 g, respectivamente) que presentaron valores menores de la variable Peso.

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con la mayor media de peso fue Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (150.85 g), es estadísticamente igual a los tratamientos con Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ (con valores de 142.72, 138.45, 138, 119.51, 115.10, 112.14 y 106.68 g, respectivamente) y presenta diferencias frente a los tratamientos con Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Testigo y Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ con medias de Peso menores (104.2, 102.68, 101.98, 98.45 y 77.72 g, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con el mayor peso medio fue Yodo 5 ml L⁻¹ con 131.81 g, siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con medias de Peso de 125.70, 125.61, 118.5 y 112.6 g, respectivamente) y presenta diferencias estadísticas con los tratamientos de Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Testigo y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ los cuales presentan medias de Peso menores (94.48, 91.88, 76.97, 75.76, 66.85, 65.35, 62.35 y 55.35 g, respectivamente).

En el día 15 después de la cosecha los tratamientos con peso más alto fueron Yodo 5 ml L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (con valores de 135.01 y 127.57 g, respectivamente), son estadísticamente iguales a los tratamientos con Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de sodio 175 ml L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con valores de 116.98, 113.41 y 105.73 g, respectivamente) y muestran diferencias estadísticas frente a los tratamientos de Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 ml L⁻¹, Testigo, Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ con valores menores (94.26, 91.12, 89.24, 85.81, 77.03, 74.49, 73.18 y 68.13 g, respectivamente).

En el aumento de peso se observó que el tratamiento con yodo estuvo presente en todas las fechas evaluadas dentro de los que presentaron mayores valores de peso; en el caso de cultivos en suelo se ha observado que el yodo se acumula principalmente en las raíces, mientras que una pequeña parte es dirigida a las partes aéreas, por el contrario, en estudios llevados a cabo en espinacas producidas en sistemas hidropónicos se ha concluido que aun con bajas concentraciones se ha favorecido un incremento en la biomasa de plantas. En el presente estudio se ha visto favorecido el incremento en biomasa por el yodo posiblemente porque se ha aplicado el producto por vía foliar. Otro tratamiento que favoreció consistentemente el incremento de peso fue el de prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, esto se explica porque al ser la prohexadiona de calcio un retardante de crecimiento, favorece los procesos relacionados con la fructificación como o es el cuajado y crecimiento de frutos como resultado de la inhibición de la síntesis de giberelinas en los ápices, modificando el destino de los fotoasimilados, dirigiéndolos a los frutos. (Unrath, 1999).

Firmeza

La firmeza de la pulpa de los frutos es un atributo relacionado con varios factores anatómicos (Suárez *et al.*, 2016) Diferencias en la firmeza de los frutos, también están dadas por variación en los estados de turgencia de las células, generándose menor resistencia de la pared celular en células turgentes (Kader, 2002).

Cuadro 13. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Peso evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Peso (g)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12 *	2699.56*	9694.82**	7933.23**	4431.27**	7527.98**	4709.61**
ERROR	117	1396.88	2109.91	1230.68	920.79	529.41	476.51
CV		31.04	41.10	30.81	26.15	24.86	22.66
MEDIA		120.38	111.75	113.82	116.03	92.55	96.30

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 14. Peso evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Peso (g)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	103.89 a *	105.09 bac	107.59 ebdc	115.10 bac	65.35 dc	73.18 dc
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	115.70 a	96.88 bc	111.65 ebdc	138.00 ba	91.88 bc	91.12 bdc
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	130.72 a	136.92 bac	138.42 bac	138.45 ba	112.60 ba	105.73 bac
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	136.52 a	69.76 c	73.00 e	101.98 bc	55.35 d	68.13 d
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	110.30 a	138.72 bac	130.31 bdac	102.68 bc	66.85 dc	77.03 dc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	137.92 a	150.23 ba	153.35 ba	150.85 a	125.61 ba	127.57 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	102.49 a	89.38 bc	88.61 edc	104.20 bc	75.76 dc	85.81 bdc
Yodo 3 ml L ⁻¹	143.92 a	119.60 bac	106.24 ebdc	119.51 bac	118.50 ba	116.98 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	145.43 a	171.65 a	162.91 a	142.72 ba	131.81 a	135.01 a
Selenito de Sodio 75	109.89 a	81.07 bc	85.24 ed	77.72 c	76.97 dc	89.24 bdc
Selenito de Sodio 125	120.60 a	92.58 bc	106.41 ebdc	106.68 bac	94.48 bc	94.26 bdc
Selenito de Sodio 175	105.59 a	123.41 bac	133.78 bdac	112.14 bac	125.70 ba	113.41 ba
Testigo	101.99 a	77.57 c	82.26 ed	98.45 bc	62.35 dc	74.49 dc
DMSH	56.53	69.48	53.06	45.90	34.80	33.02

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

El ablandamiento que acompaña a la maduración de los frutos exacerba los daños durante los procesos de transporte y manipulación. Desempeña un papel importante en la determinación del factor costo, ya que tiene un impacto directo en la palatabilidad, la aceptabilidad del consumidor, la vida útil y la resistencia a enfermedades en poscosecha (Meli *et al.*, 2010).

Generalmente, la reducción en la firmeza de los frutos debido al ablandamiento se acompaña de una expresión aumentada de enzimas que degradan las paredes celulares que actúan sobre proteínas y carbohidratos (Fry, 2004).

En el Cuadro 15 se puede observar el análisis de los cuadrados medios y la significancia estadística de la variable firmeza en frutos de jitomate bola híbrido 'imperial' con tratamientos de biorreguladores; es notorio que en los 6 momentos evaluados (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la cosecha) existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos.

Lo mencionado anteriormente puede corroborarse en el análisis de comparación de medias para la variable firmeza (Cuadro 16), en el cual puede notarse que para el día 0 los tratamientos que obtuvieron la mayor firmeza fueron los de selenito de sodio 175 mg L^{-1} con una media de 5.49 N y prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} con media de 4.56 N ; estos tratamientos fueron diferentes a todos los tratamientos restantes, cuyos valores de firmeza fueron menores, además se puede señalar que el tratamiento de yodo 1 ml L^{-1} presentó una diferencia con una mayor firmeza respecto del tratamiento con etefón 1.6 ml L^{-1} el cual presentó una firmeza menor (0.97 N).

Para el día 3, el tratamiento de Selenito de Sodio 175 mg L^{-1} presentó una mayor firmeza (3.54 N), siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos.

En el día 6 el tratamiento de selenito de sodio 175 mg L^{-1} presentó una mayor firmeza (3.33 N), este tratamiento es igual estadísticamente con el tratamiento de prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} (con 2.99 N), estos dos tratamientos mencionados son estadísticamente superiores a los tratamientos de yodo 1 ml L^{-1} , yodo 5 ml L^{-1} , selenito de sodio 75 mg L^{-1} , prohexadiona de calcio 100 mg L^{-1} , testigo, etefón 1.2 ml L^{-1} , prohexadiona de calcio 50 mg L^{-1} , etefón 1.6 ml L^{-1} y etefón 0.8 ml L^{-1} (con medias de firmeza de 1.87 , 1.82 , 1.67 , 1.54 , 1.49 , 1.22 , 1.20 , 1.6 , y 1.15 N , respectivamente).

En el día 9 después de la cosecha la mayor firmeza la obtuvo el tratamiento con Selenito de sodio 175 mg L^{-1} (2.75 N), este tratamiento fue estadísticamente igual al tratamiento de Prohexadiona de Calcio 200 mg L^{-1} (2.56 N) pero diferente al resto de los tratamientos. Por otro lado, los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 200 mg L^{-1} y Selenito de sodio 125 mg L^{-1} (con medias de Firmeza de 2.56 y 1.77 N , respectivamente) son iguales y mayores estadísticamente respecto al tratamiento de etefón 1.6 ml L^{-1} que reportó una firmeza menor (0.96 N).

En el día 12, el tratamiento con la media de firmeza mayor es el de Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (1.80 N), siendo estadísticamente superior respecto a los tratamientos Testigo, Etefón 1.6 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con medias de Firmeza de 1.08, 0.94 y 0.84 N, respectivamente).

Para el día 15 después de la cosecha el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹ presentaron los valores más altos de firmeza, siendo estos tratamientos estadísticamente diferentes al tratamiento de Etefón 1.6 ml L⁻¹ que presentó una menor media de la variable firmeza (0.44 N).

En el caso de la firmeza, el tratamiento que produjo un efecto favorable sobre esta variable fue el tratamiento con Selenito de sodio, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Palencia *et al.* (2016) quienes obtuvieron efectos significativos en tratamientos con selenio sobre la variable firmeza en el cultivo de fresa bajo sistemas de cultivo sin suelo.

El tratamiento con prohexadiona de calcio fue otro tratamiento que favoreció un incremento de la firmeza de los frutos de jitomate, este efecto ha sido reportado para cultivares de manzano tratados con este producto una vez que ha ocurrido el cuajado de fruto (Rademacher *et al.*, 1998; Greene, 1999).

Cuadro 15. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Firmeza evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Firmeza (N)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Tratamiento	12 *	17.08**	4.86**	4.62**	2.91**	0.80**	0.59**
ERROR	117	1.16	0.55	0.46	0.27	0.21	0.21
CV		46.00	38.22	37.84	33.00	35.30	46.99
MEDIA		2.34	1.94	1.80	1.58	1.30	0.99

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 16. Firmeza evaluada en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Firmeza (N)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	1.30 cb *	1.31 d	1.15 c	1.26 dc	1.26 bdac	0.94 ba
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	1.38 cb	1.24 d	1.22 c	1.06 dc	1.23 bdac	0.76 ba
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	0.97 c	1.26 d	1.16 c	0.96 d	0.94 dc	0.44 b
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	1.39 cb	1.41 dc	1.20 c	1.11 dc	1.21 bdac	0.91 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	2.19 cb	1.71 dc	1.54 c	1.37 dc	1.23 bdac	0.96 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	4.56 a	3.01 ba	2.99 ba	2.56 ba	1.37 bdac	1.37 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	2.77 b	2.06 bdc	1.87 c	1.69 dc	1.16 bdac	1.26 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	2.16 cb	2.49 bac	1.97 bc	1.68 dc	1.49 bdac	0.95 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	2.16 cb	1.74 dc	1.82 c	1.67 dc	1.69 ba	1.29 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	2.13 cb	1.89 bdc	1.67 c	1.46 dc	0.84 d	0.89 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	2.35 cb	1.99 bdc	2.01 bc	1.77 bc	1.61 bac	1.14 ba
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	5.49 a	3.54 a	3.33 a	2.75 a	1.80 a	1.08 ba
Testigo	1.60 cb	1.65 dc	1.49 c	1.32 dc	1.08 bdc	0.95 ba
DMSH	1.63	1.12	1.03	0.79	0.69	0.70

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Sólidos solubles.

En el análisis de los cuadrados medios y significancia estadística de la variable sólidos solubles (Cuadro 17) se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas a los 3 y 9 días después de la cosecha, y altamente significativas a los 15 días después de la cosecha.

De acuerdo con los resultados del análisis de comparación de medias para la variable sólidos solubles (Cuadro 18) se observa que en el día 0 después de la cosecha no existen diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las medias de tratamientos. Para el día 3 después de la cosecha se puede observar una diferencia estadística entre el tratamiento de Etefón 1.6 ml L⁻¹ con una media de 5.08 °Bx la cual es estadísticamente mayor a la media del tratamiento de Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con una media de 4.16 °Bx).

En el día 9 después de la cosecha puede notarse una diferencia en donde la media del tratamiento de Yodo 3 ml L⁻¹ (4.94 °Bx) es mayor a la media de Etefón 0.8 ml L⁻¹ (4.41 °Bx). Para el día 12 después de la cosecha no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos de biorreguladores utilizados.

En el día 15 después de la cosecha existió diferencia en donde el tratamiento de Yodo 3 ml L⁻¹ presentó un valor alto (con una media de 5.24 °Bx) en comparación con la media de los tratamientos de Etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ con medias menores (4.66, 4.55, 4.31 y 4.25 °Bx, respectivamente).

Los valores encontrados para esta variable estuvieron dentro del rango reportado por Carvalho *et al.* (2003) al estudiar líneas de híbridos comerciales de tomate para procesamiento comercial; con valores entre 3,70 y 5,01 °Brix.

Los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ promovieron un menor contenido de sólidos solubles lo cual puede observarse a los días 9 y 12 después de la cosecha, esto puede ser porque el tratamiento se aplicó en la floración (antes), lo que concuerda con lo indicado por Escalona *et al.* (2009), quienes indican que los frutos inmaduros, tienen una calidad inferior debido a que alcanzan bajos contenidos de azúcares como respuesta al tratamiento con etileno.

En los días 9 y 15 después de la cosecha se observó que el tratamiento con yodo 3 ml L⁻¹ promovió un incremento en el contenido de sólidos solubles, lo que concuerda con lo reportado por Leyva *et al.* (2011), quienes encontraron que al aplicar yodo en plantas de lechuga bajo condiciones de estrés salino, estas aumentaron su contenido de sólidos solubles.

Licopeno.

En el análisis de cuadrados medios y significancia estadística para la variable licopeno (Cuadro 19) se puede observar que existen diferencias estadísticas altamente significativas en todas las fechas en las que se realizó la medición.

En el análisis de comparación de medias de la variable sólidos solubles (Cuadro 20) puede observarse que en el día 0 después de la cosecha el tratamiento que obtuvo el valor mayor de licopeno es Prohexaciona de Calcio 100 mg L⁻¹ (15.02 mg 100 g⁻¹), siendo diferente estadísticamente diferente al tratamiento Testigo (12.82), yodo 3 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹ (con 11.81 y 11.48 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (10.11 mg 100 g⁻¹), Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (9.31 mg 100 g⁻¹), Etefón 1.6 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ y selenio 125 mg L⁻¹ (con 8.98, 8.83 y 8.59 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹ (6.58 y 6.51 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Etefón 1.2 ml L⁻¹ (5.12 mg 100 g⁻¹) y Selenito de sodio 175 ml L⁻¹ (2.65 mg 100 g⁻¹).

Cuadro 17. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Sólidos solubles evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Sólidos solubles (°Bx)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Model	12 *	0.59	0.57	0.19	0.25*	0.53	0.69**
ERRO	117	0.41	0.36	0.24	0.11	0.66	0.13
$\bar{C}\bar{V}$		13.77	13.04	10.61	7.35	17.41	7.73
MEDIA		4.69	4.61	4.64	4.65	4.69	4.68

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

En el día 3 después de la cosecha el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹ y testigo obtuvieron los valores más altos de licopeno (16.61 y 15.93 mg 100 g⁻¹, respectivamente), son diferentes a los tratamientos de prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ y yodo 3 ml L⁻¹ (13.1 y 12.75 mg 100 g⁻¹, respectivamente), prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 11.12 y 10.91 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (10.15 mg 100 g⁻¹), Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 125 mg L⁻¹

(10.15, 9.98 y 9.88 mg 100 g⁻¹, respectivamente), prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (9.21 mg 100 g⁻¹), Etefón 0.8 ml L⁻¹ y yodo 1 ml L⁻¹ (7.76 y 6.98 mg 100 g⁻¹, respectivamente)

Cuadro 18. Sólidos solubles evaluados en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Sólidos solubles (°Bx)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	4.69 a *	4.35 ba	4.46 a	4.41 b	4.40 a	4.82 bac
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	4.44 a	4.16 b	4.44 a	4.64 ba	4.46 a	4.79 bdac
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	4.37 a	5.08 a	4.65 a	4.68 ba	4.52 a	4.66 bdc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	5.15 a	4.60 ba	4.49 a	4.53 ba	5.18 a	4.55 bdc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	4.65 a	4.64 ba	4.81 a	4.57 ba	5.04 a	4.31 dc
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	4.79 a	4.71 ba	4.69 a	4.47 ba	4.82 a	4.25 d
Yodo 1 ml L ⁻¹	4.52 a	4.61 ba	4.88 a	4.88 ba	4.76 a	4.90 ba
Yodo 3 ml L ⁻¹	5.09 a	4.82 ba	4.66 a	4.94 a	4.52 a	5.24 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	4.68 a	4.82 ba	4.66 a	4.80 ba	4.49 a	4.92 ba
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	4.78 a	4.43 ba	4.63 a	4.60 ba	4.63 a	4.59 bdc
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	4.55 a	4.45 ba	4.55 a	4.62 ba	4.77 a	4.72 bdac
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	4.89 a	4.80 ba	4.84 a	4.78 ba	4.69 a	4.67 bdc
Testigo	4.42 a	4.55 ba	4.61 a	4.55 ba	4.80 a	4.49 bdc
DMSH	0.97	0.91	0.74	0.51	1.23	0.54

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

El día 6 después de la cosecha se observa que el tratamiento con Yodo 5 ml L⁻¹ es el que obtuvo el valor mayor de licopeno (17.82 mg 100 g⁻¹), es diferente a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ y Testigo (con 16.15 y 16.03 mg 100 g⁻¹, respectivamente), seguido de Yodo 3 ml L⁻¹, siendo este igual al tratamiento con prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ (13.19 y 12.88 mg 100 g⁻¹) y diferente al tratamiento con Selenito de sodio 125 ml L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (con 12.10, 12.07 y 11.97 mg 100 g⁻¹, respectivamente), después se encuentra el tratamiento con selenito 175 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con 10.42 y 10.32 mg 100 g⁻¹, respectivamente),

Yodo 1 ml L⁻¹ (con 9.21 mg 100 g⁻¹); con los valores menores estadísticamente se encontraron Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 7.82 y 7.68 mg 100 g⁻¹).

A los 9 días después de la cosecha se encontró que prohexadiona de calcio tuvo el mayor valor (24.09 mg 100 g⁻¹), siendo diferente estadísticamente a los tratamientos con Yodo 3 ml L⁻¹ y yodo 5 ml L⁻¹ (19.58 y 19.32 mg 100 g⁻¹, respectivamente) que obtuvieron los segundos valores mayores; después se encontró al tratamiento testigo (con 17.48 mg 100 g⁻¹), Selenito de sodio 125 y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 15.83 y 14.99 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Selenio 75 mg L⁻¹ (14.33 mg 100 g⁻¹), Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (13.81 mg 100 g⁻¹), Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (12.99 mg 100 g⁻¹). Con los valores menores de lycopeno estuvieron los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con valores de 10.61, 9.91 y 9.80 mg 100 g⁻¹, respectivamente) que son estadísticamente iguales.

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 ml L⁻¹ es el que obtuvo el valor más alto (24.09 mg 100 g⁻¹), es estadísticamente diferente a Yodo 3 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹ y Testigo (con 22.66, 21.54 y 18.01 mg 100 g⁻¹), Etefón 1.6 y Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, (con 16.78 y 15.93 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (14.82 mg 100 g⁻¹), Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (13.82, 13.60 y 13.24 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Etefón 1.2 ml L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹, (10.86 y 10.68 mg 100 g⁻¹, respectivamente) y con el valor menor prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ (9.02 mg 100 g⁻¹).

A los 15 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ presentó el valor estadísticamente mayor (27.92 mg 100 g⁻¹), presentando una diferencia con los tratamientos de yodo 3 ml L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹ (24.62 y 24.33 mg 100 g⁻¹), Yodo 5 ml L⁻¹ (23.45), Etefón 1.2 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con 22.29, 21.91, 21.71 y 21.57 mg 100 g⁻¹), Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹ y

Testigo (con 20.63, 20.48 y 20.25 mg 100 g⁻¹, respectivamente), Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ (con 17.54 mg 100 g⁻¹) y con el valor estadísticamente menor prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ (con 7.78 mg 100 g⁻¹).

Para la variable licopeno el tratamiento con Yodo fue el que presentó mayor contenido de licopeno, esto puede explicarse debido a que este producto es aplicado con el fin de activar rutas metabólicas en plantas, ya que es conocido como un activador fisiológico vegetal. (Pérez *et al.*, 2015)

Cuadro 19. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Licopeno evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

FV	GL	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12 *	33.44**	31.07**	29.64**	45.98**	66.86**	67.23**
ERROR	117	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
CV		3.42	2.87	2.55	2.13	1.96	1.46
MEDIA		9.06	10.77	12.12	14.51	15.77	21.11

FV: fuente de variación, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Acidez Titulable

El análisis de cuadrados medios y significancia estadística de la variable Acidez Titulable (Cuadro 23), muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para todas las fechas en las que fue registrada la variable.

En el análisis de comparación de medias para la variable acidez titulable (Cuadro 24), se puede observar que a los 0 días después de la cosecha los tratamientos de Etefón 1.2 ml L⁻¹ y Yodo 5 ml L⁻¹ presentan la mayor acidez titulable (0.39 y 0.38 %, respectivamente), siendo estadísticamente iguales a los tratamientos con Etefón 1.6 ml L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con 0.37 % en ambos casos) y son estadísticamente diferentes a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con 0.35, 0.35, 0.35, 0.34, y 0.34 %, respectivamente), Testigo, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 1

ml L⁻¹ (con 0.32, 0.31 y 0.31 %, respectivamente) y con los valores menores de acidez tratamiento con Yodo 3 ml L⁻¹ (con 0.25 %).

Cuadro 20. Licopeno evaluado en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate bola (Imperial)

Tratamiento	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	6.58 f*	7.76 g	7.82 g	9.44 i	13.60 g	20.48 e
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	5.12 g	5.63 h	7.68 g	9.80 ih	10.86 h	22.29 d
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	8.98 e	10.91 dc	12.07 d	14.99 ed	16.78 e	21.71 d
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	10.11 d	11.12 c	16.15 b	20.61 a	24.09 a	27.92 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	15.02 a	13.10 b	12.88 dc	10.61 h	9.02 i	7.78 g
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	8.83 e	9.21 f	11.97 d	13.81 gf	13.82 g	21.91 d
Yodo 1 ml L ⁻¹	6.51 f	6.98 g	9.21 f	9.91 ih	10.68 h	24.33 cb
Yodo 3 ml L ⁻¹	11.81 c	12.75 b	13.19 c	19.58 b	22.66 b	24.62 b
Yodo 5 ml L ⁻¹	11.48 c	16.61 a	17.82 a	19.32 b	21.54 c	23.45 c
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	9.31 ed	9.98 fe	10.32 e	14.33 ef	14.82 f	20.63 e
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	8.59 e	9.88 fe	12.10 d	15.83 d	15.93 e	17.54 f
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	2.65 h	10.15 de	10.42 e	12.99 g	13.24 g	21.57 d
Testigo	12.82 b	15.93 a	16.03 b	17.48 c	18.01 d	20.25 e
DMSH	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

A los 3 días después de la cosecha los tratamientos con los valores más altos fueron Etefón 1.2 ml L⁻¹ y Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ (con valores de 0.35 % para ambos tratamientos), estos fueron estadísticamente iguales a los tratamientos de Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 0.34, 0.33 y 0.33 %, respectivamente), son estadísticamente diferentes a los tratamientos de Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹ (con 0.32 % para ambos tratamientos), Etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (con 0.31, 0.31 y 0.29 %, respectivamente), y con los valores más bajos los tratamientos Testigo, Yodo 1 ml L⁻¹ y yodo 3 ml L⁻¹ (con 0.26, 0.24 y 0.24 %, respectivamente)

A los 6 días después de la cosecha los tratamientos con la mayor acidez titulable fueron Selenito de sodio 75 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 125 mg L⁻¹ (con 0.38 % en ambos casos), estos fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ y Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 0.32, 0.32, 0.30, 0.30 y 0.30 %, respectivamente), prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 0.28, 0.27, 0.26, y 0.25 %, respectivamente), testigo (0.23 %) y Yodo 1 ml L⁻¹ (0.22 %).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con selenito de sodio a una dosis de 125 mg L⁻¹ fue el mayor, con un valor de 0.36 %, siendo estadísticamente diferente a los tratamientos con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ y prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con valores de 0.29 y 0.28 %, respectivamente), prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ y selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 0.26 % para ambos casos), Yodo 5 ml L⁻¹ y etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 0.24 y 0.23 %, respectivamente) y con valores menores de acidez se tuvo a los tratamientos con yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, y testigo (con valores de 0.20, 0.19, 0.18, 0.18, 0.17 y 0.1 %, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ presentó el valor superior (0.35 %), siendo estadísticamente diferente a los tratamientos con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹ (con valores de 0.31 y 0.29 %, respectivamente), Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 0.28 % en cada tratamiento), Testigo y Yodo 3 ml L⁻¹ (con valores de 0.28 y 0.27 %, respectivamente), y con los valores menores estadísticamente los tratamientos con Etefón 1.2 ml L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ (con valores de 0.24, 0.22 y 0.22 %, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ presentó el valor superior, siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, y Yodo 3 ml L⁻¹ (con valores de 0.32, 0.31, y 0.31 %, respectivamente), y estadísticamente diferente a los tratamientos de Selenito de sodio 75 mg L⁻¹, Selenito de sodio 125 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ (con valores de 0.30, 0.30 y 0.28 %, respectivamente), prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ y Yodo 5 ml L⁻¹ (con valores de 0.27, 0.27, 0.25 y 0.25 %, respectivamente) y con el valor menor el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ que fue estadísticamente igual al tratamiento testigo (con valores de 0.22 y 0.24 %, respectivamente).

CONCLUSIONES

El uso de diversos biorreguladores del crecimiento afectó la calidad fisicoquímica en los frutos de jitomate, sin embargo, los mayores resultados se observaron con la aplicación de yodo el cual permitió un incremento en la brillantez y tonalidad de color, manteniendo sin cambios la pureza de color, de igual manera sobre la concentración de sólidos solubles totales. Por otro lado, la prohexadiona de calcio permitió un incremento en el peso de fruto, diámetro ecuatorial y concentración de licopeno. Adicionalmente las plantas con frutos con mayor firmeza y acidez fueron observadas con la aplicación de selenito de sodio.

LITERATURA CITADA

- Bapat V., Trivedi, P., Ghosh A., Sane V., Ganapathi T., and Nath P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1), 94-107.
- Basu, A., and Imrhan, V. (2007) Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *Eur J Clin Nutr.*61(3), 295–303

- Bertin, N. (2005). Analysis of the Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication. *Annals of Botany* 95, 439-447.
- Blasco B., Rios J. J., Cervilla L. M., Sánchez-Rodríguez E., Ruiz J. M., Romero L. (2008). Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: potential benefits for cultivation and human health. *Ann. Appl. Biol.* 152, 289-299.
- Bünger-Kibler S, Bangerth F. (1983). Relationship between cell number, cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and those induced parthenocarpically by the application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation* 1, 143-154
- Carvalho, J.O., J.M. Luz, F.C. Juliatti, L.C. Melo, R.E. Teodoro y L.M. Lima. (2003). Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. *Hortic. Bras.* 21(3), 525-533.
- Casierra-Posada, F., Constanza-Cardozo, M. (2009). Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4815-4822.
- Contreras, R. (2007). El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color. Primera edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86
- Crassweller, R., H. Braun, T. Baugher, G. Greene, R. Hollendar. (1991). Color evaluations of 'Delicious' strains. *Fruit Varieties Journal.* 45, 114 -120
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martin, A. (2009). Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región. 60 p.
- Evans, J. R.; Ishida, C. A.; Regusci, C. L.; Rademacher, W. (1997). Mode of action, metabolism and uptake of BAS- 125W, prohexadione-calcium. *HortScience* 324, 557-558.
- Fry, S. C. (2004). Primary cell wall metabolism: tracking the carriers of wall polymers in living cells. *New Phytol.* 161, 641-675
- Gómez, C., Buitrago, C., Cante, M., y Huertas, B. (1999). Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfi* 26(1-3), 42-55.

- Guerra M., y Casquero P. (2005). Evolución de la madurez de variedades de manzana y pera en almacenamiento frigorífico conjunto con absorbedor de etileno. *Información Tecnológica*, 16(4), 11-16.
- Gupta N., Bajpai M., Majumdar R., Mishra P. (2015). Response of iodine on antioxidant levels of *Glycine max* L. grown under Cd²⁺ stress. *Adv Biol Res* 9:40-48.
- Ho. L. C. y Hewitt, J. D. (1986). Fruit development. En: Atherton JG, Rudich J, eds. *The tomato crop. A scientist basis for improvement*. London, UK: Chapman and Hall, 201- 239.
- Hunt, R. (1990). *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. Unwin Hyman, Boston. 111 p.
- Jiang T., Wang P., Yin X., Zhang B., Xu C., Li X., and Chen K. (2011). Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 452-458.
- Jackson, D. I., and Looney, N. E. (2003). Utilización de biorreguladores en fruticultura. *In: Producción de frutas de climas templados y subtropicales*. Ed. Acribia. España. pp. 119-120.
- Kader, A. (2002). Fruits in the global market. In M. Knee (Ed.) *Fruit quality and its biological basis USA*. pp. 1-16.
- Krug, H. (1997). Environmental influences on development growth and yield. pp. 101- 180. In: H.C. Wien (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. CABI Publishing, London. 662 p.
- Larson K. D.; Shaw, D.V. (2000). Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field trials. *Horticulturae Science*. 35, 642-646.
- Lawson, P. G., Daum, D., Czauderna, R., Meuser, H., and Härtling, J. W. (2015). Soil versus foliar iodine fertilization as a biofortification strategy for field-grown vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 6, 450.
- Lehr J. J., Wybenga J. M., and Rosanow M. (1958). Iodine as a micronutrient for tomatoes. *Plant Physiology*. 33, 421-427.
- Lindhout, P. (2005). Genetics and breeding, pp. 20-51. In: *The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement*. Atherton, J.G.; Rudich, J. (eds) Chapman and Hall, London, England
- López-Camelo, A. L., Gómez, P., and Artés, F. (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid

- biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae* 599, 305-308.
- Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12), 1254-1255.
- Medrano-Macías J, Leija-Martínez P, González-Morales S, Juárez-Maldonado A, Benavides-Mendoza A. (2016) Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science* 7(1146), 1-7.
- Meli, V.S.; Ghosh, S.; Parva, T.N.; Chakraborty, S.; Datta, A. (2010). Enhancement of fruit shelf life by suppressing N-glycan processing enzymes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107, 2413-2418.
- RademacheR, W. (2004). Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae*. 653, 9-15
- Retting, M. y Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42, 2-7.
- Sadler, G., Davis, J., and Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*. 55, 1460–1461.
- Sanchez, F. (2003). Obtención de plantas ornamentales compactas, mediante la aplicación de paclobutrazol y podas de formación. Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, México. 169 p.
- Srivastava, L. M. (2002). *Plant Growth and Development: Hormones and the Environment*. Academic Press. New York, USA. 772 p
- Suárez-Hernández, Á. M., Grimaldo-Juárez, O., García-López, A. M., González-Mendoza, D., y Huitrón-Ramírez, M. V. (2017). Evaluación de portainjertos criollos de *Lagenaria siceraria* en la producción de sandía injertada. *Idesia (Arica)*, 35(1), 39-44.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 p.
- Thompson, D.S. 2001. Extensiometric determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 52, 1291-1301.
- Unrath, C. R. 1999. Prohexadione–Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *HortScience* 34, 1191-1200.

- Urrestarazu-Gavilán, Miguel. (2003) "Tratado de cultivo sin suelo". 3a. Barcelona, España: Mundi Prensa, 914 p.
- Weng H.-X., Weng J. K., Yan A.-L., Hong C.-L., Yong W.-B., Qin Y.-C. (2008). Increment of iodine content in vegetable plants by applying iodized fertilizer and the residual characteristics of iodine in soil. *Biological Trace Element Research*. 123, 218-228.
- White P. J., Broadley M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 182, 49-84
- Yelle, S., Chetelat, R. T., Dorais, M. J., DeVerna, W., y Bennett, A. B. (1991). Sink metabolism in tomato fruit IV. Genetic and biochemical analysis of sucrose accumulation. *Plant Physiology*. 95(4), 1026-1035.
- Zhu Y. G., Huang Y. Z., Hu Y., and Liu, Y. X. (2003). Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. *Environment International*. 29, 33-37.

ANEXO EXPERIMENTO 2

ETEFÓN, PROHEXADIONA DE CALCIO, YODO Y SELENITO DE SODIO EN CALIDAD POSCOSECHA DE JITOMATE SALADETTE.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características de calidad en frutos de jitomate tipo saladette. El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El diseño experimental fue completamente al azar. Las variables evaluadas fueron color, peso, diámetro ecuatorial y polar, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y licopeno. Como resultado se obtuvo los mayores resultados con la aplicación de yodo el cual permitió un incremento en la brillantez y tonalidad del color. Por otra parte, la prohexadiona de calcio permitió un incremento en el peso del fruto, diámetro ecuatorial y concentración de licopeno. Adicionalmente las plantas con mayor firmeza y acidez fueron observadas con la aplicación de selenito de sodio.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., manejo agronómico, firmeza, sólidos solubles totales, índice de redondez

**EFFECT OF THE USE OF GROWTH BIOREGULATORS ON
PHYSICOCHEMICAL QUALITY CHARACTERISTICS IN TOMATO FRUITS
GROWN IN GREENHOUSE.**

ABSTRACT

The objective of the present research was to evaluate the effect of the application of growth bioregulators (ethephon, calcium prohexadione, iodine and sodium selenite) with different concentrations on some quality characteristics in saladette tomatoes. The study was carried out in the Plant Breeding Department of the Autonomous University of Chapingo. The experimental design was completely random. The variables evaluated were color, weight, equatorial and polar diameter, roundness index, firmness, total soluble solids (SST), titratable acidity and lycopene. As a result, the best results were obtained with the application of iodine, which allowed an increase in the brightness and tonality of the color. On the other hand, calcium prohexadione allowed an increase in fruit weight, equatorial diameter and lycopene concentration. Additionally, plants with greater firmness and acidity were observed with the application of sodium selenite.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., agronomic management, growth retardant, roundness index, firmness, total soluble solids.

INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas con más arraigo, de las cuales se producen 3 349 154 toneladas y de las cuales 76.09 % se encuentra distribuida en diez entidades federativas (Sinaloa, San Luís Potosí, Michoacán, Zacatecas, Baja California, Jalisco, Baja California Sur, Sonora, Morelos y Puebla), con rendimiento promedio de 60.79 ton ha⁻¹(SIAP, 2017), en la que predomina el uso de estructuras de agricultura protegida con diferente grado de tecnificación (invernadero y malla sombra) (FIRA, 2016), donde el 99.7 % de las exportaciones se comercializa en Estados Unidos (SIAP, 2017).

El incremento en la productividad de esta especie hortícola ha contribuido a una alta variación mensual en los precios, es decir, su disponibilidad a lo largo del año se encuentra asociado con la concentración de la producción en un corto periodo de tiempo, lo que coadyuva a la disminución en su precio durante ese periodo y aun incremento cuando esté se escasea, por lo que los efectos negativos se observan tanto en consumidores y productores (Casierra-Posada y Aguilar-Avendaño, 2008), aunado a lo anterior también es frecuente la presencia de una serie de problemas poscosecha relacionadas con daños mecánicos, condiciones inadecuadas de manipulación y almacenamiento, transporte y empaques incorrectos, así como por las características fisiológicas del fruto (Urrieta-Velázquez *et al.*, 2012; Carrillo-López y Yahia, 2014).

Existen diversos estudios enfocados con la aplicación foliar de biorreguladores del crecimiento (Ramírez *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2016; Guardado-Félix *et al.*, 2017;), en la que se abarca el uso de retardantes del crecimiento como la prohexadiona de calcio y etefón; activadores fisiológicos (yodo) y microminerales (selenito de sodio), evaluando desde la interacción con la actividad hormonal, crecimiento vegetativo, homogeneidad en la cosecha, así como el desarrollo y maduración del fruto, no obstante, los resultados de la evaluación que se obtienen son realizados de manera individual y con poca o nula información relacionada con el efecto conjunto que provocan sobre el proceso de maduración

y el consiguiente demérito de la calidad del fruto, debido a que este proceso determina las características relacionadas con la aceptación por parte del consumidor, así como del tiempo de consumo del producto, siendo la madurez y el reblandecimiento los principales atributos de perecibilidad en las frutas climatéricas, dado que al cabo de pocos días, se consideran no comestibles debido a la sobremaduración (Cuesta y Moncada, 2014; Osbay y Ergun, 2015). Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biorreguladores del crecimiento (etefón, prohexadiona de calcio, yodo y selenito de sodio) con diferentes concentraciones sobre algunas características fisicoquímicas de calidad en frutos de jitomate saladette cultivado en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa de producción del jitomate se llevó a cabo en un invernadero del postgrado en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo Edo. De México; a una altitud de 2240 msnm. La temperatura del invernadero fluctuó entre 13 y 32°C. Las variables que se midieron fueron registradas en el laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia, en donde la temperatura media se ubicó en 19.3 °C y 41.5 % de Humedad Relativa.

Como material vegetal se utilizó el híbrido 'Condor' (saladette) Condor tipo indeterminado. El cual se sembró en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue peat moss y vermiculita, el cual se humedeció hasta punto de escurrimiento, colocando una semilla por cavidad. Las semillas se depositaron a 0.5 cm de profundidad aproximadamente y se cubrieron con el mismo sustrato, posteriormente se estibarón las charolas durante cuatro días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación, para después distribuir las bancas dentro del semillero en el área de invernaderos de postgrado.

Se fertilizaron con una solución de steiner y se realizaron aplicaciones de agroquímicos para el control de thrips, mosca blanca, paratíozoa, hongos fitopatógenos y ácaros fitófagos. A los 30 días se realizó el trasplante al invernadero, utilizando tezontle rojo como sustrato. Un día antes del trasplante se aplicó un riego pesado al sustrato para mantenerlo húmedo antes del trasplante. Las plantas se establecieron a una densidad de 8 plantas por m² y fueron conducidas a un solo tallo eliminando manualmente los brotes axilares del tallo principal cada 15 días durante todo el ciclo de cultivo; ésta práctica se inició a los 35 días después del trasplante y hasta concluir el ciclo de cultivo.

Se estableció un diseño completamente al azar con 13 tratamientos y diez repeticiones. Se evaluaron cuatro biorreguladores (Etefón 0.8, 1.2 y 1.6 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50, 100 y 200 mg L⁻¹, Yodo 1, 3 y 5 ml L⁻¹ y Selenito de Sodio 75, 125 y 175 mg L⁻¹) sobre un genotipo de jitomate tipo saladette, obteniendo un total de 130 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de un metro cuadrado de cama de tezontle con 8 plantas de jitomate por metro cuadrado. Se realizarán dos aplicaciones de los tratamientos, la primera cuando las plantas presentaron flores en anthesis, y la segunda 15 días después. Los frutos fueron cosechados en la etapa de madurez Virando o pintón y trasladados al laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia.

Variables evaluadas

Color del fruto. Se midió mediante un espectrofotómetro (X-Rite SP62); se determinaron de forma directa sobre la epidermis del fruto la luminosidad o brillantez, el valor "a" precisa la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de "a" indican tonalidades verdes, mientras que los valores positivos dan tonalidades relacionadas con el color rojo. El parámetro "b" mide la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de amarillo-azul, donde valores negativos de "b" definen tonalidades

azules, en tanto que valores positivos involucran tonalidades con el amarillo. Los valores se expresarán como L (luminosidad), Cromo y Ángulo Hue.

Luminosidad “L” Varía de 0, que representa un color totalmente oscuro, hasta 100 que corresponde al máximo brillo; define la luminosidad o brillantez de la muestra.

Chroma “C” (saturación) Mide el cromatismo, que expresa la intensidad del color reportando los datos con base al índice de saturación.

Ángulo hue. (tono). El parámetro “h” que mide el ángulo hue que corresponde al ángulo de tono y que se reporta en grados hue (McGuire, 1992).

Peso por fruto. Se obtuvo pesando los frutos individualmente con una balanza electrónica digital marca OHAUS® modelo Scout Pro SP2001, el resultado se expresó en gramos (g).

Diámetro polar del fruto. Fue determinado en el plano polar, utilizando un vernier digital marca TRUPER®.

Diámetro Ecuatorial del fruto. Medido en el plano ecuatorial de cada fruto, con vernier digital marca TRUPER®.

Índice de Redondez. Calculado con el cociente DP / DE. Valores próximos a la unidad indica frutos que tienden a ser esféricos, si el valor es >1 el fruto tiende a ser tipo saladette y cuando es <1 indica que el fruto es más ancho tipo saladette.

Firmeza del fruto. Se midió en la zona ecuatorial de los frutos sin epidermis utilizando un penetrómetro marca Chatillón AMETEK, provisto de un puntal en forma de cono. Registrándose la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal expresada en Newtons ($N\ mm^{-1}$).

Sólidos solubles totales. Se determinaron en el jugo del fruto liberado al cortarlos, mediante un refractómetro digital ATAGO modelo PAL-1 con escala de 0 a 53 %; los resultados se expresaron en °Brix.

Acidez titulable. Se homogeneizaron 20 g de pulpa de fruta con 100 mL de agua destilada, la mezcla se filtró por medio de una gasa y se midió el volumen. De la mezcla obtenida se tomó una alícuota de 10 mL a la que se agregó dos gotas de Fenolftaleína como indicador y se tituló gota a gota con hidróxido de sodio 0.1 N hasta alcanzar a observar un cambio suave de color rosa a azul (AOAC, 1990). La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico.

Contenido de licopeno. Se realizó empleando el método modificado de Sadler *et al.* (1990). Se homogeneizaron 20 g de pulpa con agua destilada, las mezclas obtenidas fueron colocadas en frascos envueltos en papel aluminio y secadas a 38 °C. Se colocó 0.1 g de la pasta en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se les adicionaron 30 mL de una mezcla de hexano/etanol/acetona en la proporción 2:1:1 y se agitaron por 10 minutos. Se adicionaron 18 mL de agua destilada y se volvieron a agitar por cinco minutos, separándose la mezcla en dos fases, acuosa y orgánica. Con matraces de separación se tomó y midió el volumen de la fase orgánica, determinando el contenido de licopeno mediante espectrofotometría a una longitud de onda de $\lambda=470$ nm. Se utilizó la fórmula de Inbaraj y Chen (2008) y los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y un análisis de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Se empleó el paquete de análisis estadístico SAS® (Statistical Analysis System, ver. 9.0) (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Las causas que definen la coloración de un alimento son las siguientes: (1) la presencia de pigmentos o colorantes naturales, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en el tejido, (2) la formación de pigmentos colorantes como consecuencia de reacciones químicas o enzimáticas, (3) la adición intencionada de sustancias químicas colorantes para dar color y (4) el efecto físico de los sistemas fisicoquímicos presentes en el alimento y relacionado con la dispersión de la luz (Retting y Hen, 2014).

La mayoría de los alimentos vegetales deben su color a sus correspondientes pigmentos. Los principales pigmentos responsables de la coloración de los vegetales son: carotenoides, cuyo color varía de amarillo a naranja y rojo; clorofilas, el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a este pigmento; antocianinas, responsables de los colores rojo, naranja, azul y púrpura; flavonoides, pigmentos, generalmente amarillos; betalainas, divididos en dos grandes clases, betacianinas de coloración rojo, y betaxantinas de color amarillo; y taninos, cuya coloración varía de amarillo-café a incoloro (Contreras, 2007).

Luminosidad.

Cualquier color se sitúa en un espacio tridimensional. La luminosidad viene representada por la coordenada L^* y puede tener valores incluidos en el intervalo que va de 0 (negro) a 100 (blanco). Los cambios de coloración durante la maduración de los frutos de tomate resultan en cambios de los valores L^* , a^* y b^* . López-Camelo *et al.* (2003) señalan que, durante la maduración del tomate, inicialmente se sintetiza el fitoeno (incoloro), para posteriormente dar lugar al ζ -caroteno (amarillo pálido), licopeno (rojo), β -caroteno (anaranjado) y xantofilas y

carotenoides hidroxilados (amarillos); los autores destacan además que la síntesis de pigmentos amarillentos precede a la de los rojizos, pero la masiva acumulación de éstos últimos enmascara a los primeros. Cuando los pigmentos rojos comenzaron a ser sintetizados ocurrió una disminución de los valores de la coordenada L^* que indicó un oscurecimiento o disminución de la luminosidad y los cambios en la coordenada b^* fueron menores.

En el Cuadro 1 se puede observar el análisis de los cuadrados medios y la significancia estadística de la variable luminosidad en jitomate saladette bajo tratamientos de biorreguladores. Se puede observar que existe diferencia estadística altamente significativa a los 0, 3 y 6 días después de la cosecha y a los 9, 12 y 15 días después de la cosecha no se observan diferencias estadísticas.

En el Cuadro 2 se puede observar que para el día 0 después de la cosecha existe variación entre tratamientos para la luminosidad, en donde el tratamiento con Prohexadiona de Calcio

(P-Ca) 200 mg L⁻¹ obtuvo una mayor luminosidad con 45.03, siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Testigo, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ (con valores de 43.04, 42.72, 42.29, 42.05, 41.57, 40.70, 40.68, 40.46 y 40.64, respectivamente), por el contrario el tratamiento de Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L⁻¹ presenta diferencias estadísticas con los tratamientos de Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con valores de 40.03, 39.57 y 36.75, respectivamente).

En el día 2 el tratamiento con el valor más alto de luminosidad es el de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con 37.98), es estadísticamente igual al tratamiento de Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L⁻¹ (con 36.13) y diferente a los tratamientos Testigo, Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml

L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹ (con valores de 33.22, 33.02, 32.49, 32.27, 31.68, 31.58, 31.45, 31.28, 31.15, 30.77, y 30.58, respectivamente).

Para el día 6 después de la cosecha el tratamiento de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, fue el que obtuvo el valor mayor de luminosidad (con 34.11), siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Testigo, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L⁻¹ (con valores de 32.57, 31.73, 31.59, 31.57, 31.31y 31.05, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos de Yodo 5 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹(con valores de 30.57, 30.27, 30.23, 30.19, 30.15 y 29.88, respectivamente)

Para los días 9, 12 y 15 después de la cosecha no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos. El comportamiento de los valores observado para frutos coincide con el estudio de López-Camelo y Gómez (2003) quienes en estudios de jitomate variedad Tommy, los valores de L * no se vieron afectados por los tratamientos de reguladores del crecimiento como el Etephon.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable luminosidad evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Luminosidad					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12	39.65**	47.11**	14.18**	3.62	4.89	4.79
ERROR	117	9.16	7.64	5.10	3.01	3.20	2.82
CV		7.34	8.48	7.24	5.75	5.93	5.55
MEDIA		41.19	32.58	31.17	30.17	30.13	30.24

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 2. Luminosidad evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Luminosidad					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	40.46 bac ^c	31.58 c	30.19 b	29.53 a	28.81 a	29.43 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	41.57 ba	32.49 bc	31.59 ba	30.71 a	30.23 a	31.08 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	36.75 c	31.45 c	31.31 ba	30.47 a	30.44 a	30.40 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	40.03 bc	31.28 c	30.27 b	29.48 a	29.72 a	29.98 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	42.05 ba	33.02 bc	31.05 ba	30.42 a	30.54 a	31.16 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	45.03 a	36.13 ba	32.57 ba	30.83 a	30.24 a	30.56 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	40.64 bac	32.27 bc	31.73 ba	29.88 a	30.67 a	29.70 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	39.57 bc	30.58 c	29.88 b	29.33 a	28.87 a	29.22 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	40.68 bac	30.77 c	30.57 b	29.42 a	29.85 a	29.23 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	40.70 bac	31.15 c	30.15 b	29.94 a	29.76 a	29.99 a
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	42.29 ba	31.68 c	30.23 b	30.38 a	30.88 a	30.96 a
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	43.04 ba	37.98 a	34.11 a	31.07 a	30.83 a	30.77 a
Testigo	42.72 ba	33.22 bc	31.57 ba	30.74 a	30.84 a	30.62 a
DMSH	4.57	4.18	3.41	2.62	2.70	2.54

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Chroma.

Los valores de cromaticidad están dados por los valores de a^* y b^* que sitúan el color en un plano perpendicular al eje L^* . En el eje horizontal, los valores positivos de a^* indican tonalidad roja y los valores negativos verde. En el eje vertical, los valores positivos de b^* indican tonalidad amarilla y negativos, tonalidad azul.

La saturación, pureza o croma (C^*) es la relación entre la cantidad de color puro y la cantidad de color gris neutro (muy verde, menos verde). También se define como la proporción de contenido cromático en el total de la percepción, es decir, la relación entre la cantidad de tono del color predominante y la cantidad de color gris o la suma de todos los tonos espectrales.

La estrecha relación que existe entre la evolución de los pigmentos y su estado de madurez, permite diferenciar con base en los cambios que experimenta el color. Numerosas escalas y cartas de color se han desarrollado para realizar una clasificación subjetiva, de forma gráfica o descriptiva, del estado de maduración en una progresión de tomate verde a tomate rojo.

El tono está relacionado con el tipo de color o tonalidad, y es el atributo por el cual se identifica un color como rojo, verde, azul, naranja, etc. Representa el ángulo (en grados), formado entre la recta que une el punto definido por las coordenadas a^* y b^* con el origen de coordenadas, y el eje de abscisas del Diagrama de Hunter (Crassweller *et al.*, 1991).

En relación con el croma (C^*), para determinado ángulo, éste indicaría cuán puro o intenso es el color en una escala de 0 a 100, donde este último valor expresa la mayor pureza

En el análisis de los cuadrados medios y la significancia estadística de la variable chroma (Cuadro 3) se puede observar que existen diferencias estadísticas a los 9, 12 y 15 días después de la cosecha, por el contrario a los 0, 3 y 6 días después de la cosecha no se registraron diferencias.

En el análisis de comparación de medias de los datos de la variable chroma, se observa que a los 0 días después de la cosecha no se observan diferencias entre los tratamientos; a los 3 días después de la cosecha el tratamiento de Yodo 3 ml L⁻¹, obtuvo el valor más alto de chroma (con 45.89), este tratamiento es estadísticamente igual a los tratamientos de Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (con 43.92, 41.65, 41.3, 41.13, 40.42, 40.03, 38.81, 38.71, 38.31, 37.54 y 37.51,

respectivamente) y es diferente al tratamiento de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con 35.28).

A los 6 días después de la cosecha no se observan diferencias estadísticas entre tratamientos; a los 9 días después de la cosecha los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ y Yodo 5 ml L⁻¹ (con 43.18 y 42.5, respectivamente), obtuvieron los valores más altos, son estadísticamente iguales a los tratamientos de Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con valores de 40.53, 40.49, 37.5, 37.34, 37.31, 37.09, 36.7, 36.44, 34.32 y 34.00, respectivamente), y estadísticamente diferente al tratamiento Testigo (con 33.1).

A los 12 días después de la cosecha los tratamientos con los valores más altos fueron Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ y Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con valores de 40.51, 39.33, 38.82, 38.49, 37.96 y 37.80, respectivamente), estos tratamientos son estadísticamente iguales a los tratamientos de Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ y Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, y estadísticamente diferente al tratamiento Testigo (con 29.85).

A los 15 días después de la cosecha los tratamientos con los valores mayores fueron Etefón 1.6 ml L⁻¹ y Yodo 5 ml L⁻¹ (con valores de 41.74 y 39.19, respectivamente), son estadísticamente iguales a los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con valores de 38.79, 38.37, 38.09, 37.88, 36.85, 36.2, 35.65, 35.47 y 34.51, respectivamente) y son estadísticamente diferentes a los tratamientos Testigo y Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, (con 31.07 y 31.06, respectivamente).

Por lo general, las frutas y verduras son pobres fuentes de yodo, aunque con grandes variaciones debido a las diferencias en el contenido de yodo de los suelos. Sin embargo, varios estudios indican que las plantas pueden acumular yodo, y generalmente hay una correlación positiva entre las aplicaciones al suelo y la acumulación final en las plantas (Zhu *et al.*, 2003; Blasco *et al.*, 2008; Weng *et al.*, 2008). La biofortificación con yodo de los cultivos podría ser una estrategia rentable para incrementar los niveles de yodo en los alimentos derivados de plantas y así mejorar la nutrición humana, así como el color (Lawson *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable chroma evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Chroma					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
MODELO	12	20.98	80.35	60.93	98.72**	65.97**	94.02**
ERROR	117	26.61	48.84	45.50	37.76	27.08	26.40
CV		19.66	17.45	19.84	16.28	13.98	14.06
MEDIA		26.23	40.04	33.99	37.73	37.21	36.53

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Tono ($^{\circ}$ Hue).

La variación genética en el color de los frutos en el género *Lycopersicum* es muy amplia (Lindhout 2005). En el espacio cromático cilíndrico CIE-L*C*h $^{\circ}$, valores de ángulo de tono (h $^{\circ}$) de 0 $^{\circ}$ a 90 $^{\circ}$ indican una tendencia que va del color rojo paulatinamente que cambie por combinación con el amarillo hasta definirse este último. De 90 $^{\circ}$ a 180 $^{\circ}$ la tendencia es del amarillo al verde.

El análisis de cuadrados medios y significancia estadística de la variable angulo hue (Cuadro 5) muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas de los datos registrados a los 0 y 3 días después de la cosecha, mismas que no se presentaron para los días 6, 9, 12 y 15 después de la cosecha.

Cuadro 4. Chroma evaluado en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Chroma					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	24.97 A	43.92 BA	33.05 A	34.32 BA	37.46 BA	34.51 BA
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	27.07 A	38.81 BA	29.98 A	37.31 BA	38.82 A	35.65 BA
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	29.19 A	41.13 BA	33.34 A	37.34 BA	37.80 A	41.74 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	25.52 A	37.54 BA	33.11 A	37.09 BA	37.07 BA	38.09 BA
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	24.76 A	38.71 BA	31.84 A	36.44 BA	37.96 A	36.82 BA
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	25.22 A	37.51 BA	36.21 A	43.18 A	40.51 A	38.79 BA
Yodo 1 ml L ⁻¹	26.12 A	40.42 BA	31.33 A	37.50 BA	36.50 BA	35.47 BA
Yodo 3 ml L ⁻¹	25.86 A	45.89 A	36.60 A	40.53 BA	39.33 A	38.37 BA
Yodo 5 ml L ⁻¹	25.00 A	41.65 BA	39.07 A	42.50 A	37.70 BA	39.19 A
Selenito de Sodio 75mg L ⁻¹	26.42 A	40.03 BA	34.99 A	34.00 BA	36.88 BA	31.06 B
Selenito de Sodio 125mg L ⁻¹	24.80 A	41.30 BA	34.28 A	36.70 BA	35.33 BA	36.20 BA
Selenito de Sodio 175mg L ⁻¹	27.54 A	35.28 B	35.54 A	40.49 BA	38.49 A	37.88 BA
Testigo	28.46 A	38.31 BA	32.49 A	33.10 B	29.85 B	31.07 B
DMSH	7.80	10.57	10.20	9.29	7.87	7.77

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

En el análisis de comparación de medias de los datos de la variable hue (Cuadro 6) se puede observar que en el día 0 después de la cosecha existieron diferencias estadísticas entre tratamientos, en donde los que obtuvieron los valores más altos fueron Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (con valores de 116.40 y 112.0, respectivamente), siendo estadísticamente iguales a los tratamientos de Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹ y Testigo (con valores de 103.43, 101.34, 100.62, 100.61, 100.47, 98.36, 97.96 y 97.20, respectivamente), y siendo diferente estadísticamente al tratamiento de Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 87.47).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con 78.11) fue el de más alto valor, siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 64.16

y 64.05), y estadísticamente diferente con los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Etefón 1.6 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹ y Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹ (con valores de 63.37, 61.40, 60.07, 59.81, 58.26, 58.08, 57.84, 57.07, 57.18 y 55.68, respectivamente).

En el análisis de medias de los datos registrados en los días 6, 9, 12 y 15 después de la cosecha no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos para la variable Hue.

A niveles bajos, el yodo es capaz de aumentar la respuesta antioxidante en las plantas, con efectos protectores contra las tensiones abióticas, como la salinidad (Leyva *et al.*, 2011) o los metales pesados (Gupta *et al.*, 2015). Estos resultados indican la explotación de múltiples efectos positivos para las aplicaciones de yodo (Medrano *et al.*, 2016).

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Hue evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Hue					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12	597.17**	336.89**	103.47	49.46	129.00	123.64
ERROR	117	227.07	94.52	97.64	54.08	87.14	101.78
CV		15.02	15.89	16.22	13.49	16.84	18.53
MEDIA		100.31	61.16	60.90	54.51	55.41	54.42

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente

Diámetro Ecuatorial.

El tamaño es uno de los criterios de calidad del tomate, ya que al igual que el color, define su valor comercial (Urrestarazu-Gavilán, 2003). El incremento en los diámetros y en el volumen del fruto de tomate depende de la extensibilidad epidermal (Thompson, 2001) y del desarrollo de los tejidos del pericarpio, los cuales, generalmente comprenden más de las dos terceras partes del total del peso del fruto (Ho y Hewitt, 1986). La división y elongación de los tejidos del

pericarpio son determinantes para el crecimiento del fruto de tomate. Mientras que las células epidérmicas se dividen durante todo el desarrollo del fruto, la división en el pericarpio está limitada a un corto periodo del desarrollo del fruto y está localizada en los tejidos externos alrededor de los haces vasculares y en la hipodermis, una vez la división celular finaliza, la expansión celular comienza para incrementar el tamaño del fruto (Bertin, 2005). En tomate, las células grandes endorreduplicadas están localizadas en el mesocarpo (Bunger-Kibler y Bangerth, 1983).

Cuadro 6. Hue evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Hue					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	103.43 BA	61.40 B	61.19 A	54.12 A	52.46 A	55.45 A
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	99.01 BA	64.05 BA	62.70 A	53.66 A	51.10 A	51.22 A
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	87.47 B	57.07 B	61.16 A	56.10 A	61.21 A	54.90 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	100.62 BA	63.37 B	60.62 A	53.43 A	56.94 A	58.27 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	100.61 BA	57.84 B	61.91 A	55.62 A	56.76 A	55.41 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	112.00 A	64.16 BA	64.32 A	51.88 A	51.19 A	53.02 A
Yodo 1 ml L ⁻¹	101.34 BA	60.07 B	59.48 A	56.15 A	54.82 A	52.67 A
Yodo 3 ml L ⁻¹	89.15 B	59.81 B	62.34 A	56.37 A	56.61 A	59.87 A
Yodo 5 ml L ⁻¹	98.36 BA	57.18 B	57.57 A	53.86 A	57.56 A	54.79 A
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	97.96 BA	58.26 B	62.11 A	59.51 A	54.94 A	58.00 A
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	100.47 BA	55.68 B	57.38 A	53.03 A	62.06 A	56.71 A
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	116.40 A	78.11 A	66.75 A	53.90 A	51.27 A	48.33 A
Testigo	97.20 BA	58.08 B	54.21 A	56.10 A	53.39 A	48.85 A
DMSH	22.79	14.70	14.94	11.12	14.12 A	15.26

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

En los frutos de jitomate, el diámetro de los frutos presenta una curva sigmoide simple, esta curva de aumento en el diámetro transversal en función del tiempo son las que mejor describe el crecimiento del fruto y es usada por la ventaja de ser de fácil determinación, no destructiva y permiten el seguimiento a lo largo del

periodo de crecimiento, además de que sirven para estimar el peso que tendrá el fruto a cosecha.

En el análisis de cuadrados medios y significancia estadística para la variable Diámetro ecuatorial se observa en el Cuadro 7 que se presentó diferencia estadística significativa para el día 9 después de la cosecha y altamente significativa a los 0, 3, 6, 12 y 15 días después de la cosecha.

En el análisis de comparación de medias para la variable Diámetro Ecuatorial (Cuadro 7). Se observa que para el día 0 después de la cosecha el tratamiento de Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 57.09 mm) es el que obtuvo el valor medio de diámetro ecuatorial más alto, siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Yodo 5 ml L⁻¹ y Etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 53.10 y 52.31 mm, respectivamente) y es estadísticamente diferente a los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ (con valores de 50.08, 49.07, 47.79, 47.32, 46.74, 46.44, 45.63, 44.89, 44.58 y 44.45 mm, respectivamente).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ obtuvo el valor más alto de diámetro ecuatorial (con 58.68 mm), fue estadísticamente diferente a Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ y Testigo (con valores de 51.21, 51.72, 51.59, 50.20, 49.16, 49.11, 47.77, 46.77, 46.39, 46.30 45.44 y 43.07 mm, respectivamente).

En el día 6 después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ obtuvo el valor más alto (con 57.20 mm), siendo estadísticamente igual al tratamiento de Yodo 5 ml L⁻¹ (con 52.84 mm) y estadísticamente diferente a los tratamientos con

Etefón 1.2 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con valores de 52.50, 50.27, 48.89, 47.76, 47.53, 46.99, 46.23, 45.60, 45.01, 44.86, 44.75 mm, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ obtuvo el valor de diámetro ecuatorial más alto (con 55.66 mm) siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con valores de 49.58, 49.18, 48.91, 47.67, 46.87, 46.55, 45.25, 44.47, 44.14, 43.80 y 43.33 mm, respectivamente) y estadísticamente diferente al tratamiento testigo (con 40.79 mm).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 53.29 mm) tuvo el valor más alto de diámetro ecuatorial, siendo estadísticamente igual a los tratamientos con Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹ (con valores de 51.62 y 48.56 mm, respectivamente), presentando diferencias estadísticas con los tratamientos con Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹ y Testigo (con valores de 47.56, 47.25, 45.74, 44.95, 44.80, 44.39, 43.68, 43.26, 43.14 y 41.91 mm, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, todos fueron estadísticamente iguales.

Hong et al. (2008), indican que el yodo puede acelerar el crecimiento vegetal, con experimentos de cultivo en macetas, en plántulas de cuatro hortalizas

(Calabaza china, lechuga, jitomate y Zanahoria) con un tratamiento de yodo exógeno de 10 mg kg⁻¹, la biomasa de los cuatro vegetales aumentó un poco en comparación con el grupo de control cultivado sin yodo, lo que indica una promoción en el crecimiento vegetal. Sin embargo, cuando el yodo exógeno era superior a 25 mg kg⁻¹, la biomasa vegetal disminuyó con el aumento de los niveles de yodo.

Por otro lado, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ también obtuvo buenos resultados promoviendo el incremento en el diámetro ecuatorial. Como biorregulador, la Prohexadiona de Calcio está relacionada con una disminución del crecimiento vegetativo en las plantas, como retardante de crecimiento, su acción se produce al bloquear la síntesis de giberelinas que son activas biológicamente (Evans *et al.*, 1997; Rademacher, 2004), esta síntesis de giberelinas es bloqueada en los ápices, reduciendo así el crecimiento vegetativo, de esta manera induce la diferenciación de yemas florales y se aumenta el cuajado en los frutos (Unrath, 1999).

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Diámetro Ecuatorial evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Diámetro Ecuatorial (mm)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12	145.97**	156.54**	142.23**	140.66*	114.83**	51.89**
ERROR	117	16.70	12.05	8.88	68.32	10.30	18.68
CV		8.43	7.06	6.14	17.72	6.95	9.23
MEDIA		48.43	49.11	48.49	46.63	46.17	46.78

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Diámetro Polar

El crecimiento se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras, como una función del genotipo y el ambiente (Krug, 1997), dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta o de un órgano. Es un

proceso complejo que incluye muchos fenómenos como división celular, elongación, fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración (Gómez *et al.*, 1999). El crecimiento puede ser cuantificado mediante el empleo de un conjunto de índices basados en modelos definidos mediante expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990).

Cuadro 8. Diámetro Ecuatorial (mm) evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Diámetro Ecuatorial (mm)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	50.08 BDC	49.16 CEBD	50.27 BC	46.55 BA	47.56 BDC	49.89 A
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	52.31 BAC	51.59 CBD	52.50 B	48.91 BA	51.62 BA	49.01 A
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	57.09 A	58.68 A	57.20 A	55.66 A	53.29 A	48.35 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	44.58 D	45.44 FE	44.75 D	43.33 BA	43.26 ED	47.14 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	44.45 D	46.39 FED	44.86 D	43.80 BA	44.39 EDC	44.08 A
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	47.32 BDC	52.21 B	47.53 CD	49.58 BA	45.74 EDC	48.81 A
Yodo 1 ml L ⁻¹	45.63 D	46.30 FE	45.60 D	44.14 BA	43.68 ED	43.40 A
Yodo 3 ml L ⁻¹	46.74 DC	47.77 FCEBD	46.99 CD	45.25 BA	44.95 EDC	44.87 A
Yodo 5 ml L ⁻¹	53.17 BA	50.20 CEBD	52.84 BA	47.67 BA	48.56 BAC	47.28 A
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	49.07 BDC	46.77 FCED	48.89 BCD	44.47 BA	43.14 ED	44.59 A
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	46.44 DC	49.11 CEBD	46.23 CD	46.87 BA	44.80 EDC	45.18 A
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	44.89 D	51.72 CB	45.01 D	49.18 BA	47.25 BDC	49.89 A
Testigo	47.79 BDC	43.07 F	47.76 CD	40.79 B	41.91 E	45.65 A
DMSH	6.18	5.25	4.51	12.50	4.85	6.53

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

En el análisis de cuadrados medios y significancia estadística para la variable diámetro polar (Cuadro 11), se puede observar que se presentaron diferencias estadísticas las cuales fueron altamente significativas en todas las fechas en las que se registró la variable (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la cosecha).

A los 0 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹, obtuvo el valor más alto (con 78.86), siendo estadísticamente igual a los tratamientos

con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹ y Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 71.11, 69.54, 69.54 y 68.90 mm, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con Yodo 5 ml L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ y Yodo 1 ml L⁻¹ (con valores de 68.60, 68.08, 66.82, 66.67, 63.58, 63.37, 61.77 y 61.72 mm, respectivamente).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ obtuvo el valor de diámetro polar más alto (79.02 mm), siendo estadísticamente igual a los tratamientos de selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹ y etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 74.32, 73.64, 73.58 mm, respectivamente) y diferente a los tratamientos con prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹ y testigo (con 71.29, 67.70, 67.66, 65.48, 64.66, 64.63, 63.63, 61.89, 58.70 mm, respectivamente)

A los 6 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ fue el que presentó el valor más alto (con 79.02 mm), siendo diferente a los tratamientos de Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ (con 70.77, 70.10, 69.27, 69.04, 68.68, 68.35, 67.25, 66.05, 63.90, 62.96, 62.02, 61.53 mm, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 77.14 mm) fue el más alto, siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹ (con 71.09, 70.09, 69.61, 68.18, 64.63, 64.11, 62.10, 61.47,

61.13, 60.04 mm, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos de Yodo 1 ml L⁻¹ y Testigo (con 59.00 y 55.22 mm, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ obtuvo el valor más alto de diámetro (con 74.11 mm), siendo estadísticamente igual a los tratamientos de Etefón 1.2 ml L⁻¹ y Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 70.54 y 67.21 mm, respectivamente), es estadísticamente diferente a los tratamientos de Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ (con 65.36, 64.98, 63.34, 62.84, 62.57, 62.55, 61.16, 60.82 mm, respectivamente)

A los 15 días después de la cosecha los tratamientos con Etefón 1.6 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ y Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 70.26, 69.64, 69.44 y 68.95 mm, respectivamente) fueron los más altos, estadísticamente iguales a los tratamientos Testigo, Yodo 5 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹ y Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹ (con 67.24, 67.10, 65.87, 65.08, 64.59, 64.32, 63.86, 61.18 mm, respectivamente).

Investigaciones diversas concluyen que el yodo aumenta la altura, el número de tallos, los pesos frescos y secos de la cebada a concentraciones de 0,5 y 1,0 ppm. En el tomate, el crecimiento se incrementa a 0,5 ppm y la estimulación máxima se produce a 1,0 ppm. Al igual que en la cebada, 5,0 ppm no ejercen efecto. En las plantas de tomate, una cantidad muy baja de yoduro puede estimular el crecimiento y, en cierta medida, mejorar el rendimiento (Lehr *et al.*, 1958).

Otro tratamiento que muestra un incremento del diámetro polar fue el de prohexadiona de calcio, lo cual concuerda con un beneficio al proceso de fructificación; así como el aceleramiento y aumento de yemas florales y amarre

de fruto, debido a que la modificación en el flujo de fotoasimilados hacia tejidos meristemáticos favorece a esos procesos (Jackson y Looney, 2003; Sánchez, 2003).

Cuadro 9. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable diámetro polar evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Diámetro Polar (mm)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12	211.44**	385.73**	215.73**	362.24**	210.76**	123.19**
ERROR	117	43.35	33.58	24.36	127.85	32.96	45.27
CV		9.74	8.47	7.29	17.41	8.97	10.22
MEDIA		67.58	68.35	67.61	64.91	63.97	65.83

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Cuadro 10. Diámetro polar evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Diámetro polar (mm)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	68.90 ba*	67.66 bedc	69.27 cbd	64.11 ba	67.21 bac	68.95 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	69.54 ba	73.58 bac	70.10 cb	69.61 ba	70.54 ba	69.64 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	78.86 a	81.37 a	79.02 a	77.14 a	74.11 a	70.26 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	61.77 b	63.63 fed	62.02 ed	60.04 ba	62.84 bdc	58.25 b
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	66.82 b	65.48 fedc	67.25 cebd	62.10 ba	60.82 dc	61.18 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	71.11 ba	71.29 bdc	70.77 b	68.18 ba	62.57 bdc	65.87 ba
Yodo 1 ml L ⁻¹	61.72 b	61.89 fe	61.53 e	59.00 b	58.18 d	65.08 ba
Yodo 3 ml L ⁻¹	63.37 b	64.66 fed	63.90 cebd	61.13 ba	63.34 bdc	64.32 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	68.60 b	73.64 bac	68.68 cebd	70.09 ba	64.98 bdc	67.10 ba
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	69.54 ba	64.63 fed	69.04 cbd	61.47 ba	61.16 dc	64.59 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	66.67 b	67.70 bedc	66.05 cebd	64.63 ba	62.55 bdc	63.86 ba
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	63.58 b	74.32 ba	62.96 ced	71.09 ba	65.36 bdc	69.44 a
Testigo	68.08 b	58.70 f	68.35 cebd	55.22 b	57.92 d	67.24 ba
DMSH	9.96	8.76	7.46	17.10	8.68	10.17

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Índice de redondez

El crecimiento se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras, como una

función del genotipo y el ambiente (Krug, 1997), dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta o de un órgano. Es un proceso complejo que incluye muchos fenómenos como división celular, elongación, fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración (Gómez *et al.*, 1999). El crecimiento puede ser cuantificado mediante el empleo de un conjunto de índices basados en modelos definidos mediante expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990).

Larson y Shaw (2000) mencionan que la forma y el tamaño de los frutos son características varietales, aunque se ven influenciados por la posición en la inflorescencia y otros factores ambientales

En los días en los que fue evaluada la variable Índice de redondez (Cuadro 11), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos para dicha variable, los valores de media obtenidos muestran una mínima variación en la forma del fruto debido a los efectos de la aplicación de biorreguladores (Cuadro 12).

El crecimiento en volumen de los frutos, tiene un aumento irreversible como consecuencia del incremento en masa y número de las células, y por consiguiente, se incrementa su tamaño. (Casierra *et al.*, 2009). Al no existir diferencias significativas en el índice de redondez se puede decir que los reguladores de crecimiento no interfirieron en la forma del fruto, y el efecto en el crecimiento se llevó a cabo de manera homogénea en el fruto.

En cuanto a índice de redondez, la forma de fruto de acuerdo a la relación longitud/diámetro los frutos con valores menores a 1 son considerados como achatados, mayores a 1 como alargados y valores de 0 como frutos redondos. Cuando el tomate no presenta deformación física de acuerdo a la forma típica de

la variedad; para el tipo saladette debe ser un fruto oblongo simétrico, siendo mayor su diámetro ecuatorial que su diámetro polar.

Cuadro 11. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Índice de Redondez evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Índice de redondez					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12 *	0.0033*	0.0038	0.0063	0.0045	0.0014	0.0026
ERRO	117	0.0035	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0027
CV		7.55	6.64	6.31	6.52	6.61	6.79
MEDI		0.78	0.80	0.79	0.78	0.79	0.76

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Cuadro 12. Índice de Redondez evaluada en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Índice de redondez					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	0.79 a*	0.79 a	0.77 a	0.80 a	0.81 a	0.77 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	0.77 a	0.79 a	0.76 a	0.78 a	0.78 a	0.75 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	0.77 a	0.78 a	0.76 a	0.75 a	0.80 a	0.78 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	0.78 a	0.83 a	0.83 a	0.79 a	0.79 a	0.75 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	0.78 a	0.79 a	0.82 a	0.80 a	0.78 a	0.75 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	0.78 a	0.80 a	0.79 a	0.74 a	0.79 a	0.73 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	0.80 a	0.84 a	0.83 a	0.77 a	0.78 a	0.77 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	0.78 a	0.79 a	0.78 a	0.78 a	0.76 a	0.77 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	0.76 a	0.78 a	0.77 a	0.79 a	0.79 a	0.78 a
Selenito de Sodio 75	0.81 a	0.82 a	0.80 a	0.81 a	0.79 a	0.77 a
Selenito de Sodio 125	0.81 a	0.80 a	0.79 a	0.80 a	0.80 a	0.79 a
Selenito de Sodio 175	0.80 a	0.80 a	0.80 a	0.81 a	0.79 a	0.76 a
Testigo	0.76 a	0.83 a	0.83 a	0.79 a	0.78 a	0.76 a
DMSH	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Peso

En el Cuadro 13 se puede observar que en los cuadrados medios y significancia estadística de la variable peso existe diferencia estadística altamente significativa a los 0, 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la cosecha.

A los 0 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 133.21 g) fue el tratamiento con el valor más alto, es estadísticamente igual al tratamiento con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹ (106.59 g) y estadísticamente diferente a los tratamientos de Etefón 0.8 ml L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Testigo, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con 89.37, 88.77, 85.97, 79.96, 75.56, 75.36, 75.36, 67.15, 65.65, 64.95, 62.45 g, respectivamente).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ fue el tratamiento con el valor de peso más alto (con 146.62 g), es estadísticamente diferente a los tratamientos con Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ y Testigo (con 105.99, 102.48, 94.58, 90.57, 87.37, 84.67, 74.16, 67.35, 66.05, 65.66, 61.64, 54.34 g, respectivamente).

A los 6 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹ fue el que presentó el mayor peso (con 133.71 g), es estadísticamente diferente a los tratamientos con Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Etefón 1.2 ml L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Testigo, Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 50 mg L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹ (con 104.43, 91.32, 90.32, 84.42, 80.36, 76.31, 74.21, 73.76, 68.70, 65.30, 65.00, 60.85 g, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con Etefón 1.6 ml L⁻¹, fue el que obtuvo el valor más alto (con 138.92 g), es diferente a los tratamientos con Etefón 1.2 ml L⁻¹, Yodo 5 ml L⁻¹, Selenito de Sodio 175 mg L⁻¹, Prohexadiona de Calcio 200 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 125 mg L⁻¹, Etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 99.28, 97.53, 91.82, 86.17, 84.42, 79.56 g, respectivamente), y Prohexadiona de Calcio 100 mg L⁻¹, Selenito de Sodio 75 mg L⁻¹, Yodo 3 ml L⁻¹, Yodo 1 ml L⁻¹ y Testigo (con 70.10, 64.05, 62.55, 61.19, 58.69 y 50.54 g, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹ y etefón 1.2 ml L⁻¹ fueron los tratamientos más altos (con 106.39 y 100.78 g, respectivamente) y fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos con etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, testigo y selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con 75.86, 71.15, 70.16, 66.95, 62.15, 54.54, 61.52, 61.45, 61.35, 54.04, 52.34 g, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha los tratamientos con etefón 1.2 ml L⁻¹ y yodo 5 ml L⁻¹ fueron los tratamientos con los valores más altos de peso (con 99.26 y 95.93 g, respectivamente), son estadísticamente iguales a los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹ y etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 89.47, 87.07, 84.64 y 79.64 g, respectivamente) y estadísticamente diferentes a los tratamientos con prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹ y testigo (con 68.40, 67.95, 63.02, 61.65, 59.82, 58.22 y 50.76 g, respectivamente).

En el aumento de peso se observó que el tratamiento con yodo estuvo presente en todas las fechas evaluadas dentro de los que presentaron mayores valores de peso; en el caso de cultivos en suelo se ha observado que el yodo se acumula principalmente en las raíces, mientras que una pequeña parte es dirigida a las

partes aéreas, por el contrario, en estudios llevados a cabo en espinacas producidas en sistemas hidropónicos se ha concluido que aun con bajas concentraciones se ha favorecido un incremento en la biomasa de plantas. En el presente estudio se ha visto favorecido el incremento en biomasa por el yodo posiblemente porque se ha aplicado el producto por vía foliar.

Cuadro 13. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Peso evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Peso (g)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
TRAT	12	3886.99**	6098.98**	3912.05**	5565.46**	2828.25**	2503.29**
ERROR	117	389.98	314.17	208.74	369.92	201.92	247.29
CV		24.02	20.91	17.57	23.92	20.55	21.16
MEDIA		82.19	84.73	82.21	80.37	69.13	74.29

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Cuadro 14. Peso evaluado en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Peso (g)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	89.37 bc	84.67 cebd	90.32 cbd	79.56 cebd	75.86 b	79.64 bdac
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	88.77 bc	105.99 b	91.32 cb	99.28 b	100.78 a	99.26 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	133.21 a	146.62 a	133.71 a	138.92 a	106.39 a	89.47 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	65.65 c	67.35 efd	65.30 ef	64.05 fed	62.15 cb	63.02 dec
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	75.36 c	74.16 cefd	76.31 cefd	70.10 fced	61.35 cb	68.40 bdec
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	106.59 ba	90.57 cbd	104.43 b	86.17 cebd	71.15 cb	67.95 bdec
Yodo 1 ml L ⁻¹	64.95 c	61.64 ef	65.00 ef	58.69 fe	54.54 cb	58.22 de
Yodo 3 ml L ⁻¹	67.15 c	66.05 efd	68.70 efd	61.19 fe	61.45 cb	59.82 de
Yodo 5 ml L ⁻¹	73.56 c	102.48 b	74.21 cefd	97.53 cb	70.16 cb	95.93 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	85.97 bc	65.65 efd	84.42 cebd	62.55 fe	52.34 c	61.65 dec
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	75.56 c	87.37 cebd	73.76 cefd	84.42 cebd	66.95 cb	84.64 bac
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	62.45 c	94.58 cb	60.85 f	91.82 cbd	61.52 cb	87.07 ba
Testigo	79.96 bc	54.34 f	80.36 cefd	50.54 f	54.04 c	50.76 e
DMSH	29.87	26.81	21.85	29.09	21.49	23.78

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Otro tratamiento que favoreció consistentemente el incremento de peso fue el de prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, esto se explica porque al ser la prohexadiona

de calcio un retardante de crecimiento, favorece los procesos relacionados con la fructificación como o es el cuajado y crecimiento de frutos como resultado de la inhibición de la síntesis de giberelinas en los ápices, modificando el destino de los fotoasimilados, dirigiéndolos a los frutos (Unrath, 1999).

Firmeza

La firmeza de la pulpa de los frutos es un atributo relacionado con varios factores anatómicos (Suárez *et al.*, 2016) Diferencias en la firmeza de los frutos, también están dadas por variación en los estados de turgencia de las células, generándose menor resistencia de la pared celular en células turgentes (Kader, 2002).

El ablandamiento que acompaña a la maduración de los frutos exagera los daños durante los procesos de transporte y manipulación. Desempeña un papel importante en la determinación del factor costo, ya que tiene un impacto directo en la palatabilidad, la aceptabilidad del consumidor, la vida útil y la resistencia a enfermedades en poscosecha (Meli *et al.*, 2010).

Generalmente, la reducción en la firmeza de los frutos debido al ablandamiento se acompaña de una expresión aumentada de enzimas que degradan las paredes celulares que actúan sobre proteínas y carbohidratos (Fry, 2004).

En los cuadros medios y significancia estadística de la variable Firmeza (Cuadro 15) puede observarse que existe una diferencia altamente significativa a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha y significativa a los 15 días después de la cosecha.

En el análisis de medias (Cuadro 16) se observa que a los 0 días después de la cosecha el tratamiento con yodo 5 ml L^{-1} es el del valor más alto (con 5.05 N), es estadísticamente igual a los tratamientos con selenito de sodio 175 mg L^{-1} y yodo 3 ml L^{-1} (con 4.03 y 3.98 N, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos de prohexadiona de calcio 200 mg L^{-1} , etefón 1.6 ml L^{-1} ,

prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹ y etefón 1.2 ml L⁻¹ 8 (con 2.62, 2.59, 2.39, 2.38, 1.92, 1.92, 1.85, 1.77, 1.75, 1.45 N, respectivamente).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con etefón 1.2 ml L⁻¹ obtuvo el valor más alto (con 4.58), es estadísticamente igual a los tratamientos con yodo 5 ml L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹ (con 4.04, 3.54, 3.21, 3.12 y 2.95 N, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos de selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, testigo, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 2.54, 2.33, 2.27, 2.05, 2.01, 1.67, 1.33 N, respectivamente)

A los 6 días después de la cosecha el tratamiento con yodo 5 ml L⁻¹ es el que obtuvo el valor más alto (con 4.52 N) es diferente a los tratamientos con yodo 3 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹ con 3.44, 3.26, 2.85, 2.55, 2.34, 2.30, 1.94, 1.94, 1.89, 1.69, 1.40, 0.86 N, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con etefón 1.2 ml L⁻¹ fue el más alto (con 2.43 N), es estadísticamente igual a los tratamientos con yodo 5 ml L⁻¹ y etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 2.0 y 1.76 N, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos de prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, testigo, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹ (con 1.57, 1.52, 1.44, 1.28, 1.25, 1.21, 1.13, 0.99, 0.99 y 0.81 N, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con yodo 5 ml L⁻¹ obtuvo el valor más alto (con 3.26 N), es estadísticamente diferente a los tratamientos con yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, testigo, etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 2.43, 2.18, 2.06, 1.73, 1.68, 1.59, 1.44, 1.42, 1.24, 1.00, 0.95, 0.57 N, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha el tratamiento con selenito de sodio 175 mg L⁻¹ obtuvo el valor más alto (con 0.66 N), es estadísticamente igual a los tratamientos con yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, testigo, etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 0.55, 0.52, 0.49, 0.46, 0.45, 0.44, 0.44, 0.42, 0.39, 0.36 N, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹ y etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 0.34 y 0.33 N, respectivamente).

Palencia *et al.* (2016), obtuvieron efectos significativos en tratamientos con selenio sobre la variable firmeza en el cultivo de fresa bajo sistemas de cultivo sin suelo.

El tratamiento con prohexadiona de calcio fue otro tratamiento que favoreció un incremento de la firmeza de los frutos de jitomate, este efecto ha sido reportado para cultivares de manzano tratados con este producto una vez que ha ocurrido el cuajado de fruto (Rademacher *et al.*, 1998; Greene, 1999).

Cuadro 15. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Firmeza evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Firmeza (N)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Tratamiento	12	11.88**	8.91**	9.25**	2.01**	5.003**	0.08*
ERROR	117	1.01	1.17	0.47	0.31	0.27	0.04
CV		38.88	39.51	28.83	39.63	31.81	46.23
MEDIA		2.59	2.74	2.38	1.41	1.65	0.45

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente

Cuadro 16. Firmeza evaluada en 13 tratamientos de reguladores de crecimiento aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Firmeza (N)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	1.85 c ²	3.54 bac	1.40 gf	1.76 bac	1.00 ed	0.46 ba
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	1.45 c	4.58 a	0.86 g	1.25 bdc	0.57 e	0.33 b
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	2.59 bc	1.33 e	1.94 efd	1.28 bdc	1.59 cd	0.34 b
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	1.92 c	3.21 bdac	2.55 cebd	1.57 bdc	2.06 cb	0.36 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	2.39 c	2.33 edc	2.34 cefd	1.13 dc	1.73 cbd	0.44 ba
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	2.62 bc	3.12 bdac	2.85 cbd	1.52 bdc	2.18 cb	0.45 ba
Yodo 1 ml L ⁻¹	1.75 c	1.67 ed	1.69 gef	0.81 d	1.24 ed	0.39 ba
Yodo 3 ml L ⁻¹	3.98 ba	2.95 ebdac	3.44 b	1.44 bdc	2.43 b	0.42 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	5.05 a	4.04 ba	4.52 a	2.00 ba	3.26 a	0.55 ba
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	1.92 c	2.01 edc	1.94 efd	0.99 dc	1.44 cd	0.44 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	2.38 c	2.27 edc	2.30 cefd	1.21 bdc	1.68 cbd	0.52 ba
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	4.03 ba	2.54 ebdc	3.26 cb	2.43 a	1.42 cd	0.66 a
Testigo	1.77 c	2.05 edc	1.89 gefd	0.99 dc	0.95 ed	0.49 ba
DMSH	1.52	1.63	1.03	0.84	0.79	0.31

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Sólidos solubles.

En el análisis de cuadrados medios y significancia estadística (cuadro 17) puede observarse que a los 0, 3 y 6 días después de la cosecha no existió diferencia estadística entre tratamientos, a los 9 y 12 días después de la cosecha se

presentó diferencia estadística altamente significativa y a los 15 días después de la cosecha no existió diferencia estadística.

En el cuadro de comparación de medias de la variable sólidos solubles (Cuadro 18) se observa que a los 0, 3 y 6 días después de la cosecha no existió diferencia estadística entre tratamientos.

A los 9 días después de la cosecha los tratamientos con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ y prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ fueron los más altos (con 5.15, 4.93, 4.87, 4.86, 4.86 °Bx, respectivamente) son estadísticamente iguales a los tratamientos de selenito de sodio 125 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con 4.77, 4.75, 4.75, 4.71, 4.68 y 4.66 °Bx, respectivamente) y estadísticamente diferente al tratamiento de etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 4.15 °Bx).

A los 12 días después de la cosecha los tratamientos con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, testigo, yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹ son estadísticamente iguales (con 5.10, 4.88, 4.86, 4.84, 4.82, 4.80, 4.74, 4.73, 4.71, 4.67, 4.66, 4.56 °Bx, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha los tratamientos con selenito de sodio 175 mg L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹ son iguales estadísticamente (con 4.91, 4.71, 4.58, 4.58, 4.55, 4.55, 4.52, 4.52, 4.48, 4.42, 4.34, 4.21 °Bx, respectivamente).

Cuadro 17. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable Sólidos solubles evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Sólidos solubles (°Bx)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12	0.42	0.30	0.22	0.51**	0.84**	3.77
ERROR	117	0.27	0.30	0.15	0.20	0.17	0.23
CV		10.71	11.51	8.32	9.52	8.83	11.15
MEDIA		4.85	4.80	4.78	4.75	4.70	4.36

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 18. Sólidos solubles evaluados en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Sólidos solubles (°Bx)					
	0 ddc	0 ddc	0 ddc	0 ddc	0 ddc	0 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	4.94 a*	4.84 a	4.75 a	4.65 ba	4.56 a	4.52 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	5.08 a	4.89 a	4.74 a	4.93 a	4.74 a	2.40 b
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	5.06 a	4.75 a	4.45 a	4.15 b	3.85 b	4.21 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	4.79 a	5.26 a	5.05 a	5.15 a	5.10 a	4.52 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	4.93 a	4.84 a	4.92 a	4.86 a	4.88 a	4.55 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	4.75 a	4.89 a	4.84 a	4.86 a	4.84 a	4.55 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	4.57 a	4.73 a	4.67 a	4.71 ba	4.67 a	4.58 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	4.85 a	4.61 a	4.76 a	4.68 ba	4.71 a	4.58 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	5.22 a	4.57 a	4.93 a	4.75 ba	4.82 a	4.48 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	4.59 a	4.69 a	4.66 a	4.66 ba	4.66 a	4.34 a
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	5.01 a	4.67 a	4.86 a	4.77 ba	4.80 a	4.42 a
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	4.73 a	4.91 a	4.85 a	4.87 a	4.86 a	4.91 a
Testigo	4.61 a	4.79 a	4.73 a	4.75 ba	4.73 a	4.71 a
DMSH	0.78	0.83	0.60	0.68	0.62	0.73

DMSH: diferencia mínima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Acidez titulable

En los cuadrados medios y significancia estadística de la variable acidez titulable (Cuadro 19) puede observarse que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos a los 0, 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la cosecha.

En el análisis de comparación de medias (Cuadro 20) se observa que a los 0 días después de la cosecha el tratamiento de etefón 1.2 ml L⁻¹ fue el que obtuvo el valor más alto (con 0.36 %), es estadísticamente igual a los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹ (con 0.34, 0.34 y 0.34 %) y estadísticamente diferente a los tratamientos con prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, testigo, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹ (con 0.33, 0.33, 0.32, 0.32, 0.31, 0.29, 0.28 y 0.28 %, respectivamente).

En el registro realizado a los 3 días después de la cosecha se observa que el tratamiento con etefón 1.2 ml L⁻¹ y selenito de sodio 125 mg L⁻¹ obtuvieron el valor más alto (con 0.32 y 0.32 %, respectivamente), son estadísticamente diferentes a los tratamientos de yodo 5 ml L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹ (con 0.29, 0.28, 0.28, 0.28, 0.26, 0.23, 0.21, 0.21 %, respectivamente).

En la evaluación realizada a los 6 días después de la cosecha los tratamientos con selenito de sodio 75 mg L⁻¹ y selenito de sodio 125 mg L⁻¹ obtuvieron el valor más alto (con 0.34 y 0.34 %, respectivamente), fueron estadísticamente diferentes a los tratamientos de etefón 0.8 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹ (con 0.29, 0.29, 0.28, 0.27, 0.26, 0.25, 0.24, 0.23, 0.22, 0.20 y 0.19 %, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con selenito de sodio 125 mg L⁻¹, obtuvo el valor más alto (con 34 %), es estadísticamente diferente a los tratamientos con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 5

ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹ y testigo (con 0.25, 0.25, 0.24, 0.23, 0.20, 0.19, 0.17, 0.16, 0.16, 0.14, 0.14, 0.14 %, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ fue el que obtuvo el valor más alto (con 0.32 %), es estadísticamente diferente a los tratamientos de prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, testigo, etefón 0.8 ml L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹ y prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ (con 0.27, 0.26, 0.26, 0.26, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.24, 0.21, 0.19 y 0.19%, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ fue el que presentó el valor más alto (con 0.30), es estadísticamente igual a los tratamientos de etefón 0.8 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con 0.29, 0.28, 0.28, 0.28 %, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con selenito de sodio 125 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, testigo, etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 0.27, 0.25, 0.24, 0.24, 0.23, 0.22, 0.20, 0.19 %, respectivamente).

Cuadro 19. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable acidez titulable evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Acidez titulable (%)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12 *	0.004**	0.004**	0.006**	0.01**	0.003**	0.003**
ERROR	117	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV		3.201	3.62	3.82	4.98	4.06	3.97
MEDIA		0.31	0.27	0.26	0.20	0.24	0.25

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 20. Acidez titulable evaluados en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Acidez titulable (%)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	0.31 dc*	0.28 dc	0.29 b	0.14 f	0.25 cb	0.29 ba
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	0.36 a	0.32 a	0.29 b	0.14 f	0.21 d	0.28 ba
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	0.34 ba	0.28 dc	0.22 hg	0.19 dc	0.19 d	0.19 g
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	0.34 ba	0.30 bac	0.25 fed	0.25 b	0.32 a	0.30 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	0.33 bc	0.28 dc	0.28 cb	0.24 b	0.19 d	0.24 de
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	0.28 e	0.26 d	0.26 ced	0.25 b	0.27 b	0.25 dc
Yodo 1 ml L ⁻¹	0.28 e	0.21 e	0.19 i	0.16 fe	0.26 cb	0.23 de
Yodo 3 ml L ⁻¹	0.22 f	0.21 e	0.23 fg	0.17 de	0.24 c	0.28 ba
Yodo 5 ml L ⁻¹	0.34 ba	0.29 bc	0.24 feg	0.20 c	0.25 cb	0.22 fe
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	0.32 bc	0.31 ba	0.34 a	0.16 fe	0.26 cb	0.28 ba
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	0.33 bc	0.32 a	0.34 a	0.34 a	0.25 cb	0.27 bc
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	0.32 bc	0.30 bac	0.27 cbd	0.23 b	0.25 cb	0.24 de
Testigo	0.29 de	0.23 e	0.20 ih	0.14 f	0.26 cb	0.20 fg
DMSH	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

DMSH: diferencia minima significativa honesta, ddc: días después de la cosecha *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Licopeno.

En el Cuadro 21 se observa que en los cuadrados medios y significancia estadística para la variable licopeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas a los 0, 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la cosecha.

En la comparación de medias (Cuadro 22) de la variable licopeno se observa que a los 0 días después de la cosecha los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹ y testigo obtuvieron los valores más altos (con 10.62, 9.23 y 9.18 mg 100 g⁻¹, respectivamente) son estadísticamente diferentes a los tratamientos con yodo 5 ml L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹ y etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 6.93, 6.70, 6.68, 6.47, 5.59, 5.48, 5.47 mg 100 g⁻¹, respectivamente) y con los valores menores se encontraron los tratamientos con selenito de sodio

125 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹ (con 2.72, 2.25 y 1.60 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

A los 3 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ obtuvo el valor más alto (con 12.95 mg 100 g⁻¹), fue estadísticamente igual a los tratamientos testigo y etefón 1.6 ml L⁻¹ (con 11.34 y 11.33 mg 100 g⁻¹, respectivamente), y diferente a los tratamientos con yodo 1 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹ (con 10.55, 9.30, 9.19, 8.47, 8.43, 8.14, 7.57, 7.27, 7.07, 5.91 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

A los 6 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, fue el que obtuvo el contenido de licopeno con el valor más alto (con 14.50 mg 100 g⁻¹), es estadísticamente igual a los tratamientos de etefón 1.6 ml L⁻¹, testigo (con 13.20 y 12.60 mg 100 g⁻¹, respectivamente) y diferente estadísticamente a los tratamientos con etefón 1.2 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 11.82, 11.65, 10.55, 9.93, 9.66, 9.64, 9.19, 8.53, 8.34 y 8.22 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

A los 9 días después de la cosecha el tratamiento con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹ fue el más alto (con 14.65 mg 100 g⁻¹), es estadísticamente igual a los tratamientos con etefón 1.6 ml L⁻¹, testigo, selenito de sodio 125 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹ (con 13.45, 13.16, 12.14, 12.06 y 11.89 mg 100 g⁻¹, respectivamente) y estadísticamente diferente a los tratamientos con etefón 0.8 ml L⁻¹, yodo 1 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 11.81, 11.74, 11.63, 11.28, 10.85, 9.15, 8.92 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

A los 12 días después de la cosecha los tratamientos con prohexadiona de calcio 200 mg L⁻¹, testigo, yodo 1 ml L⁻¹, etefón 1.6 ml L⁻¹ fueron los tratamientos más altos (con 14.85, 14.38, 14.20 y 14.03 mg 100 g⁻¹, respectivamente), son estadísticamente iguales a los tratamientos con selenito de sodio 125 mg L⁻¹, yodo 5 ml L⁻¹, etefón 1.2 ml L⁻¹, etefón 0.8 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 100 mg L⁻¹, selenito de sodio 75 mg L⁻¹ (con 13.40, 13.00, 12.84, 12.41, 12.30, 12.09 mg 100 g⁻¹, respectivamente) y diferente a los tratamientos de selenito de sodio 175 mg L⁻¹, yodo 3 ml L⁻¹, prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 11.20, 10.33 y 9.53 mg 100 g⁻¹, respectivamente).

A los 15 días después de la cosecha los tratamientos fueron estadísticamente iguales a excepción del tratamiento con prohexadiona de calcio 50 mg L⁻¹ (con 10.11 mg 100 g⁻¹) el cual presentó el valor menor.

Cuadro 21. Cuadrados medios y significancia estadística de la variable licopeno evaluada en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

FV	GL	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)					
		0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Modelo	12 *	22.18**	12.16**	11.96**	7.33**	7.63**	5.97**
ERROR	117	0.46	0.46	0.77	0.88	0.90	1.11
CV		11.20	7.53	8.29	8.004	7.50	7.31
MEDIA		6.07	9.04	10.60	11.74	12.65	14.40

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, ddc: días después de la cosecha. *, **: Significativo al 5 % (p≤0.05) y 1 % (p≤0.01), respectivamente.

Cuadro 22. Sólidos solubles evaluados en 13 tratamientos aplicados sobre jitomate saladette (Condor)

Tratamiento	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)					
	0 ddc	3 ddc	6 ddc	9 ddc	12 ddc	15 ddc
Etefón 0.8 ml L ⁻¹	5.47 b*	5.91 g	9.93 fed	11.81 bc	12.41 bac	14.83 a
Etefón 1.2 ml L ⁻¹	9.23 a	9.30 dc	11.82 bdc	11.89 bac	12.84 bac	14.67 a
Etefón 1.6 ml L ⁻¹	10.62 a	11.33 ba	13.20 ba	13.45 ba	14.03 a	15.12 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 50 mg L ⁻¹	5.59 b	7.07 gf	8.22 f	8.92 d	9.53 d	10.11 b
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 mg L ⁻¹	5.48 b	7.27 gfe	10.55 fedc	11.63 bdc	12.30 bdac	13.47 a
Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 200 mg L ⁻¹	6.47 b	12.95 a	14.50 a	14.65 a	14.85 a	15.20 a
Yodo 1 ml L ⁻¹	6.68 b	10.55 bc	11.65 bedc	11.74 bc	14.20 a	15.74 a
Yodo 3 ml L ⁻¹	6.70 b	7.57 dgfe	8.34 f	9.15 dc	10.33 dc	14.36 a
Yodo 5 ml L ⁻¹	6.93 b	8.47 dfe	9.64 fed	11.28 bdc	13.00 bac	14.89 a
Selenito de Sodio 75 mg L ⁻¹	2.25 c	8.14 dfe	9.19 fe	12.06 ba	12.09 bdac	14.09 a
Selenito de Sodio 125 mg L ⁻¹	2.72 c	9.19 dce	9.66 fed	12.14 ba	13.40 ba	15.38 a
Selenito de Sodio 175 mg L ⁻¹	1.60 c	8.43 dfe	8.53 f	10.85 bdc	11.20 bdc	14.75 a
Testigo	9.18 a	11.34 ba	12.60 bac	13.16 ba	14.38 a	14.61 a
DMSH	2.01	2.02	2.61	2.79	2.82	3.12 a

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ddc: días después de la cosecha. *Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

El uso de diversos biorreguladores del crecimiento afectó la calidad fisicoquímica en los frutos de jitomate bola y saladette, sin embargo, los mayores resultados se observaron con la aplicación de yodo el cual permitió un incremento en la brillantez y tonalidad de color, manteniendo sin cambios la pureza de color, de igual manera sobre la concentración de sólidos solubles totales. Por otro lado, la prohexadiona de calcio permitió un incremento en el peso de fruto, diámetro ecuatorial y concentración de licopeno. Adicionalmente las plantas con frutos con mayor firmeza y acidez fueron observadas con la aplicación de selenito de sodio.

LITERATURA CITADA

- Bapat V., Trivedi P., Ghosh A., Sane V., Ganapathi T. and Nath P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1), 94-107.
- Basu, A. and Imrhan, V. (2007). Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *Eur J Clin Nutr.* ;61(3):295–303
- Bertin, N. (2005). Analysis of the Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication. *Annals of Botany* 95, 439–447.
- Blasco, B., Rios, J. J., Cervilla, L. M., Sánchez-Rodríguez, E., Ruiz, J. M. and Romero L. (2008). Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: potential benefits for cultivation and human health. *Ann. Appl. Biol.* 152, 289–299.
- Bünger-Kibler S., and Bangerth F. (1983). Relationship between cell number, cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and those induced parthenocarpically by the application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation* 1, 143–154
- Carvalho, J.O., Luz, J.M. Juliatti, F.C. Melo, L.C. Teodoro, R.E. and Lima, L.M. (2003). Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. *Horticultura Brasileira*, 21(3), 525-533.
- Casierra-Posada, F. and Constanza-Cardozo, M. (2009). Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín*, 62, 4815-4822.
- Contreras, R. (2007). El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color. Primera edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86
- Crassweller, R., Braun, H., Baugher, T., Greene, G. and Hollendar, R. (1991). Color evaluations of 'Delicious' strains. *Fruit Varieties Journal*. 45, 114 -120
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martin, A. (2009). Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región. 60 p.

- Evans, J. R.; Ishida, C. A.; Regusci, C. L. and Rademacher, W. (1997). Mode of action, metabolism and uptake of BAS- 125W, prohexadione-calcium. *HortScience*, 324, 557-558.
- Fry, S. C. (2004). Primary cell wall metabolism: tracking the carriers of wall polymers in living cells. *New Phytol.*; 161, 641-675.
- Gómez, C., Buitrago, C., Cante M. and Huertas, B. (1999). Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfi* 26(1-3), 42-55.
- Guerra, M. y Casquero, P. (2005). Evolución de la madurez de variedades de manzana y pera en almacenamiento frigorífico conjunto con absorbedor de etileno. *Información Tecnológica*, 16(4): 11-16.
- Gupta N., Bajpai M., Majumdar R. and Mishra, P. (2015) Response of iodine on antioxidant levels of *Glycine max* L. grown under Cd²⁺ stress. *Adv Biol Res*, 9 (1), 40-48.
- Ho. L.C. y J.D. Hewitt. (1986). Fruit development. In: J. G. Atherton and J. Rudich (Eds), *The tomato crop. A scientist basis for improvement* (pp. 201-239). London, U K: Chapman and Hall.
- Hunt, R. (1990). *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners.* Unwin Hyman, Boston. 111 p.
- Jackson, D. I.; Looney, N. E. (2003). Utilización de biorreguladores en fruticultura. *In: Producción de frutas de climas templados y subtropicales.* Ed. Acribia. España. pp. 119-120.
- Jiang, T., Wang, P., Yin, X., Zhang, B., Xu, C., Li X., and Chen, K. (2011). Ethylene biosynthesis and expression of related genes in loquat fruit at different developmental and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 130(2): 452-458.
- Kader, A. (2002). Fruits in the global market. In M. Knee (Ed.) *Fruit quality and its biological basis USA*.pp. 1-16.
- Krug, H. (1997). Environmental influences on development growth and yield. pp. 101- 180. In: H.C. Wien (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops.* CABI Publishing, London. 662 p.
- Larson, K. D.; and Shaw, D.V. (2000). Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field trials. *Horticulturae Science*. 35, 642-646.

- Lawson, P. G., Daum, D., Czauderna, R., Meuser, H., and Härtling, J. W. (2015). Soil versus foliar iodine fertilization as a biofortification strategy for field-grown vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 6, 450.
- Lehr, J. J., Wybenga J. M., Rosanow M. (1958). Iodine as a micronutrient for tomatoes. *Plant Physiol*, 33, 421-427.
- Lindhout, P. (2005). Genetics and breeding, pp. 20-51. In: *The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement*. Atherton, J.G.; Rudich, J. (eds) Chapman and Hall, London, England
- López-Camelo, A.L., Gómez, P., Artés, F., (2003). Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae* 599, 305-308.
- Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Medrano-Macias, J., Leija-Martinez, P., Gonzalez-Morales, S., Juarez-Maldonado, A. and Benavides-Mendoza, A. (2016). Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science* 7.
- Meli, V. S.; Ghosh, S.; Parva, T.N.; Chakraborty, S. and Datta, A. (2010). Enhancement of fruit shelf life by suppressing N-glycan processing enzymes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107, 2413-2418.
- Rademache R, W. (2004). Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 653, 9-15
- Retting, M. and Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42, 2-7.
- Sadler, G., Davis, J., and Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55, 1460-1461.
- Sanchez, F. (2003). Obtención de plantas ornamentales compactas, mediante la aplicación de paclobutrazol y podas de formación. Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, México. p. 169.
- Srivastava, L. M. (2002). *Plant Growth and Development: Hormones and the Environment*. Academic Press. New York, USA. 772 p

- Suárez-Hernández, Á. M., Grimaldo-Juárez, O., García-López, A. M., González-Mendoza, D., and Huitrón-Ramírez, M. V. (2017). Evaluación de portainjertos criollos de *Lagenaria siceraria* en la producción de sandía injertada. *Idesia (Arica)*, 35(1), 39-44.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 pp.
- Thompson, D. S. (2001). Extensiometric determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 52, 1291–1301.
- Unrath, C. R. (1999). Prohexadione-Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. *HortScience* 34, 1191-1200.
- Urrestarazu-Gavilán, M. (2003). *Tratado de cultivo sin suelo* (3ª. ed.). Barcelona, España: Mundi Prensa. 914 p.
- Weng, H. X., Weng, J. K., Yan, A. L., Hong C. L., Yong W. B. and Qin, Y.C. (2008). Increment of iodine content in vegetable plants by applying iodized fertilizer and the residual characteristics of iodine in soil. *Biological Trace Element Research*, 123, 218-228.
- White, P. J., and Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49-84.
- Yelle, S., Chetelat, R.T., Dorais, M., De Verna, J.W., and Bennett, A.B. (1991). Sink metabolism in tomato fruit IV. Genetic and biochemical analysis of sucrose accumulation. *Plant Physiology*, 95(4), 1026-1035.
- Zhu, Y. G., Huang, Y. Z., Hu, Y., and Liu, Y.X. (2003). Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. *Environment International*, 29, 33-37.