



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

APLICACIÓN DE BIOACTIVADORES EN LA PRODUCCIÓN FORZADA DE HIGO

ALBA SOBERANES PÉREZ

T E S I S
PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Alba Soberanes Pérez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Guillermo Calderón Zavala, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

"Aplicación de bioactivadores en la producción forzada de higo"

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 21 de Noviembre de 2018



Firma del
Alumno (a)



Dr. Guillermo Calderón Zavala

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **“APLICACIÓN DE BIOACTIVADORES EN LA PRODUCCIÓN FORZADA DE HIGO”**, realizada por la alumna **Alba Soberanes Pérez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

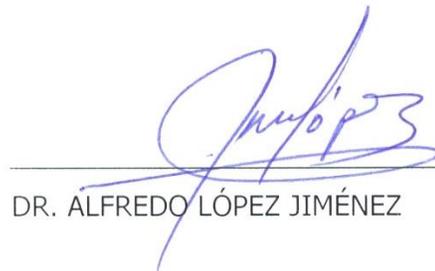
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

ASESOR



DR. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

ASESOR



DR. HORACIO ELISEO ALVARADO RAYA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2018

APLICACIÓN DE BIOACTIVADORES EN LA PRODUCCIÓN FORZADA DE HIGO

Alba Soberanes Pérez, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

La demanda del higo crece anualmente en el mercado nacional e internacional. México tiene potencial para convertirse en importante productor mundial; para lograrlo, es necesario aumentar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad. La maduración de los siconos en la planta es escalonada, esto representa una desventaja económica porque comercialmente, es importante concentrar el mayor número de higos maduros para reducir la frecuencia de cosechas. Se ha demostrado que la aplicación de bioactivadores (biorreguladores y bioestimulantes) aceleran el desarrollo de los frutos y, mejoran el rendimiento y la calidad. Por ello, el objetivo de esta investigación fue adelantar la cosecha, incrementar el rendimiento y producir higos con buena calidad, mediante la aplicación de cinco combinaciones de bioactivadores en diferentes concentraciones: thidiazuron, ácido giberélico, ácido glutámico, triptófano y tiamina. Se utilizaron plantas de higo 'Netzahualcóyotl' cultivadas en invernadero. Los tratamientos se aplicaron, por aspersión dirigida, a las yemas secundarias axilares en reposo. Las variables evaluadas fueron: brotación de yemas, crecimiento del fruto y rendimiento. Al momento de la cosecha se evaluó la longitud, el diámetro y el peso del fruto, color de la epidermis, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y la relación azúcar/ácido. Los resultados indican que los bioactivadores adelantaron 15 días la fecha de cosecha. En los frutos se incrementó el contenido de sólidos solubles totales (± 5 a 10 °Brix), la longitud (± 1 cm), el diámetro (± 0.5 cm) y el peso individual (± 5 a 20 g) con respecto al testigo. El color se afectó en forma negativa; los higos con bioactivadores presentaron zonas verdes e inmaduras en áreas cercanas al cuello. El rendimiento no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$). En conclusión, aunque los tratamientos con bioactivadores adelantaron la cosecha e incrementaron algunas variables de calidad en higo, ninguna combinación incrementó el rendimiento.

Palabras clave: *Ficus carica* L., adelanto de cosecha, aminoácidos, bioestimulantes, thidiazuron

APPLICATION OF BIOACTIVATORS IN THE FORCED PRODUCTION OF FIG

Alba Soberanes Pérez, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The demand for fig grows annually in the national and international market. Mexico has the potential to become an important world producer; to achieve this, it is necessary to increase yield, advance harvests and obtain quality fruits. The maturation of the syconium in the plant is staggered, this represents an economic disadvantage because commercially, it is important to concentrate the greatest number of ripe figs to reduce the frequency of harvests. It has been demonstrated that the application of bioactivators (bioregulators and biostimulants) accelerate the development of fruits and, improve yield and quality. Therefore, the objective of this research was to advance the harvest, increase the yield and produce figs with good quality, by applying five combinations of bioactivators in different concentrations: thidiazuron, gibberellic acid, glutamic acid, tryptophan and thiamine. Fig 'Netzahualcoyotl' plants grown in greenhouse were used. The treatments were applied, by directed spray, to the axillary buds at rest. The variables evaluated were bud break, fruit growth and yield. At the time of harvest, the length, diameter and weight of the fruit, color of the epidermis, firmness, total soluble solids, titratable acidity and the sugar / acid ratio were evaluated. The results indicate that the bioactivators advanced the harvest date by 15 days. In fruit, the total soluble solids content (± 5 to 10° Brix), the length (± 1 cm), the diameter (± 0.5 cm) and the individual weight (± 5 to 20 g) were increased respect to control. The color was affected in a negative way; figs with bioactivators presented green and immature areas near the neck. Yield did not show significant differences ($p > 0.05$). In conclusion, although the treatments with bioactivators advanced harvest and increased some quality variables in fig, no particular combination increased yield.

Key words: *Ficus carica* L., advance of harvest, amino acids, biostimulants, thidiazuron

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) brindaron el apoyo económico para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y facilidades para desarrollar este proyecto de investigación.

Al Dr. Guillermo Calderón Zavala por haberme aceptado como su estudiante y con ello proporcionarme su valioso conocimiento y todas las facilidades para realizar este proyecto de investigación.

Al Dr. Alfredo López Jiménez y Dr. Horacio E. Alvarado Raya por sus valiosas aportaciones, apoyo y entusiasmo hacia el presente trabajo de investigación.

A los docentes del Posgrado de Fruticultura, en especial al M. C. David Jaén Contreras por siempre dar palabras de aliento y mostrar empatía con todos sus estudiantes. También al personal de apoyo, en particular a la Lic. Adriana Zamora y Sr. Lucio por su ayuda, consejos y amistad.

A mis compañeros de generación, amigos y estudiantes de otros posgrados por las experiencias y buenos momentos compartidos durante estos significativos años.

A las familias García Martínez y Vidal García, por siempre recibirme y tratarme como si estuviera en mi propia casa, particularmente a la Sra. Bernarda Martínez y a Lizeth García.

Al M. C. René García Martínez, por el apoyo incondicional, ayuda y motivación de siempre para culminar mis estudios y la presente.

DEDICATORIA

A la mujer que es el pilar de mi vida, mi madre,
Lorenza Pérez Gutiérrez

A mi padre: **Eduardo Soberanes García**

A mis hermanos: **Elliot y Eduardo**

A mis sobrinos: **Elliot y Melina**

A mis abuelitas: **Ascensión Gutiérrez[†] y Esperanza García**

A mis tías, tíos, primas y primos

A ti **amor**, que, aunque aún no te tengo en mis brazos, eres el motivo más grande que tengo para salir adelante y culminar con este proyecto.

A **René García Martínez**, por compartir tu vida conmigo, darme tu amor y con ello grandes momentos.

Con amor... **Alba**

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Importancia económica del higo	3
2.2 Cultivo y producción de higo.....	4
2.3 Maduración anticipada de higo	7
2.3.1 Aceite de olivo.....	7
2.3.2 Etileno	8
2.3.3 Ácido giberélico.....	8
2.4 Propiedades nutricionales del higo.....	9
2.5 Higo ‘Nezahualcóyotl’	9
2.6 Bioestimulantes	10
2.6.1 Aminoácidos.....	11
2.6.2 Tiamina	13
2.7 Reguladores de crecimiento	14
2.7.1 Auxinas	14
2.7.2 Citocininas.....	15
2.7.3 Giberelinas.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Localización del experimento	18
3.2 Material vegetal y manejo de las plantas.....	19

3.3 Tratamientos y diseño experimental	19
3.4 Variables y frecuencia de medición	20
3.4.1 Porcentaje de brotación de yemas secundarias.....	21
3.4.2 Rendimiento y dinámica de producción	22
3.4.3 Curvas de crecimiento del fruto ‘Nezahualcóyotl’	22
3.4.4 Longitud, diámetro y peso	22
3.4.5 Color	23
3.4.6 Firmeza	23
3.4.7 Acidez titulable (AT)	23
3.4.8 Sólidos solubles totales (SST) y relación azúcar/ácido (SST/AT)	24
3.4.9 Materia seca y humedad	24
3.5 Análisis estadístico	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 Porcentaje de brotación de yemas secundarias	25
4.2 Crecimiento de frutos.....	27
4.3 Rendimiento y dinámica de producción	30
4.4 Longitud, diámetro y peso	35
4.5 Color	40
4.6 Firmeza.....	45
4.7 Acidez titulable (AT).....	47
4.8 Contenido de sólidos solubles totales (SST)	49
4.9 Relación SST/AT	50
4.10 Materia seca y humedad	52
5. CONCLUSIONES.....	53
6. LITERATURA CITADA.....	55

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a los nudos de higo 'Netzahualcóyotl' cultivados en condiciones de invernadero	20
Cuadro 2. Porcentaje de brotación de yemas secundarias axilares de higo 'Netzahualcóyotl' tratadas con bioactivadores.	26
Cuadro 3. Longitud (cm) de higos 'Netzahualcóyotl' cultivados en invernadero. Primera etapa.	35
Cuadro 4. Longitud (cm) de higos 'Netzahualcóyotl' cultivados en invernadero. Segunda etapa.....	36
Cuadro 5. Diámetro (cm) de higos 'Netzahualcóyotl' cultivados en invernadero. Primera etapa.	37
Cuadro 6. Diámetro (cm) de higos 'Netzahualcóyotl' cultivados en invernadero. Segunda etapa.....	38
Cuadro 7. Valores de color en la escala CIELab de higos 'Netzahualcóyotl' cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.	41
Cuadro 8. Valores de color en la escala CIELab en higos 'Netzahualcóyotl' cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.	41
Cuadro 9. Relación SST/Acidez de higos 'Netzahualcóyotl' cosechados en madurez de consumo. Primera y segunda etapa de producción	51
Cuadro 10. Porcentajes de materia seca y humedad en higos 'Netzahualcóyotl' cosechados en madurez de consumo. Primera y segunda etapa de producción.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La flecha en rojo indica la yema axilar en reposo. También se observa una inflorescencia en desarrollo y el pecíolo de una hoja de la higuera ‘Netzahualcóyotl’.....	21
Figura 2. Esquema de las dimensiones de longitud y diámetro de un higo ‘Netzahualcóyotl’.....	23
Figura 3. a) Yemas florales a los 10 DDA de los tratamientos con TDZ; b) y c) yemas florales abortadas a los 20 y 23 DDA; d) y e) yemas vegetativas a los 7 y 15 DDA, f) hojas cloróticas y con ápice necrosado a los 25 DDA en higo ‘Netzahualcóyotl’.....	27
Figura 4. Curvas de crecimiento en diámetro (mm) de higos ‘Netzahualcóyotl’ en la primera (a) y segunda etapa (b) de producción completadas a un año del trasplante de las higueras.....	28
Figura 5. Número de frutos por planta de higueras jóvenes ‘Netzahualcóyotl’ cultivadas en invernadero. Primera etapa.....	30
Figura 6. Número de frutos por planta de higueras jóvenes ‘Netzahualcóyotl’ cultivadas en invernadero. Segunda etapa.....	30
Figura 7. Rendimiento (kg planta ⁻¹) de higuera ‘Netzahualcóyotl’ cultivada en invernadero. Primera etapa.....	32
Figura 8. Rendimiento (kg planta ⁻¹) de higuera ‘Netzahualcóyotl’ cultivada en invernadero. Segunda etapa.....	32
Figura 9. Dinámica de producción de higo ‘Netzahualcóyotl’ cultivado en invernadero. Primera etapa.....	34
Figura 10. Dinámica de producción de higo ‘Netzahualcóyotl’ cultivado en invernadero. Segunda etapa.....	34
Figura 11. Peso promedio de fruto (g) ‘Netzahualcóyotl’ cultivado en invernadero. Primera etapa.....	38
Figura 12. Peso promedio de fruto (g) de higos ‘Netzahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Segunda etapa.....	39

Figura 13. Color de los higos ‘Netzahualcóyotl’, cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.	43
Figura 14. Color de los higos ‘Netzahualcóyotl’, cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.	43
Figura 15. Apariencia interna de los higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.	44
Figura 16. Apariencia interna de los higos ‘Netzahualcóyotl’, cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.	45
Figura 17. Firmeza de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.	46
Figura 18. Firmeza de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.	47
Figura 19. Acidez titulable de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.	48
Figura 20. Acidez titulable de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.	48
Figura 21. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) de higos ‘Netzahualcóyotl’, cultivados en condiciones de invernadero. Primera etapa.	50
Figura 22. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) de higos ‘Netzahualcóyotl’, cultivados en condiciones de invernadero. Segunda etapa.	50
Figura 23. Temperaturas (máxima, media y mínima) y Humedad relativa ambiental durante el desarrollo del experimento. Fuente: Estación Automática Davis, Modelo Vantage Pro Plus.	74
Figura 24. Temperaturas (máxima, media y mínima) y Humedad relativa dentro del invernadero durante el desarrollo del experimento. Tomadas con un equipo Dataloger Jobo® (Sunset, U. S. A.).	75

1. INTRODUCCIÓN

El higo es una especie originaria del Medio Oriente y se sugiere, que su cultivo precedió a los cereales (Kislev *et al.*, 2006). En años recientes aumentó la demanda internacional de higo, por su valor nutricional y económico. Para cubrir el requerimiento del frutal, las investigaciones se han enfocado en mejorar el rendimiento a través del incremento en la densidad de plantación, la fertilización, el uso de sistemas de poda y, el manejo de enfermedades en precosecha y postcosecha.

La higuera se caracteriza por tener periodos largos de producción y maduración escalonada del fruto dentro de la planta, esto implica que se realicen varias cosechas y, en consecuencia, los costos de producción se eleven. Para adelantar la cosecha y homogeneizar la maduración de los frutos se han utilizado el aceite de olivo, las giberelinas (AG₃) y el ethephon (ácido-2-cloroetil-fosfónico); no obstante, algunas sustancias no tienen un efecto consistente o desempeño satisfactorio en cuanto a calidad se refiere.

México tiene potencial para convertirse en un importante productor de higo fresco y para lograrlo, se requiere incrementar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad. Una alternativa, que ha funcionado en otros frutales, es la aplicación de reguladores de crecimiento y bioestimulantes, ambos llamados en adelante bioactivadores.

En esta investigación se propone para higo 'Netzahualcóyotl' la aplicación de cinco combinaciones de bioactivadores: thidiazuron (TDZ), ácido giberélico (AG₃), ácido glutámico, triptófano y tiamina, en diferente concentración y frecuencia de aspersion, con el objetivo de homogeneizar la maduración, adelantar la cosecha, incrementar el rendimiento y producir frutos con buena calidad en plantas jóvenes durante su primer ciclo de producción.

Hipótesis

La aplicación de bioactivadores (thidiazurón, ácido giberélico, ácido glutámico, triptófano y tiamina) permiten adelantar la cosecha e incrementar el rendimiento y la calidad de los frutos

Objetivo

Evaluar la aplicación de bioactivadores como una técnica para adelantar la cosecha de frutos e incrementar el rendimiento de higos de calidad.

Objetivos específicos

- ❖ Identificar la combinación adecuada de bioactivadores para adelantar la cosecha de los frutos en la higuera.
- ❖ Incrementar el rendimiento mediante la promoción de la brotación de yemas reproductivas secundarias axilares en reposo a través de la aplicación de bioactivadores.
- ❖ Caracterizar la calidad de los higos obtenidos mediante la aplicación de bioactivadores y determinar el tratamiento más recomendable.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia económica del higo

El cultivo de higo presenta interés económico para muchas regiones del mundo (Melgarejo, 2007) y se prevé que continúe en un futuro; en el mercado mundial hay incremento en las demandas de higo fresco y deshidratado (Caliskan, 2015). La mayor parte de la producción mundial se presenta en la cuenca del mediterráneo (Sadder y Ateyyeh, 2006). Egipto, Turquía y Argelia son los principales productores (Peraza-Padilla *et al.*, 2013). Países como: Estados Unidos, Brasil, Argentina, México, Bolivia, Perú, Ecuador y Chile son productores en América (FAOSTAT, 2016). Los principales países importadores de higo son Francia, Alemania, Austria, y Reino Unido (FAOSTAT, 2013).

En México, la higuera se ha cultivado desde la época de la colonia, pero como una especie marginal, en forma aislada y de traspatio en: Morelos, Hidalgo, Veracruz, la península de Baja California, Distrito Federal (hoy Ciudad de México), Puebla, San Luis Potosí y Michoacán entre otros estados (Muñoz *et al.*, 2015).

Datos del SIAP (2018), señalan que se sembraron 1456.10 ha durante el año 2016, con el estado de Morelos como el principal productor a nivel nacional. Los higos se destinan a los mercados regionales. En la actualidad, existe cada vez mayor interés por los productores en tecnificar este cultivo, dado que su demanda como producto de exportación es alta (Macías *et al.*, 2013). En este sentido, se sabe que varias cooperativas que ya lo están exportando desde estados del centro del país y de la región “La Laguna”, y que en estados como Jalisco y Michoacán empieza a crecer el interés también con el objetivo de exportar (Comunicación personal Guillermo Calderón Zavala, profesor del Colegio de Postgraduados)*.

2.2 Cultivo y producción de higo

La higuera (*Ficus carica* L.) es un árbol originario del sudoeste de Asia y la región del Mediterráneo Oriental (Dueñas *et al.*, 2008). Pertenece a la familia Moraceae y sus partes verdes contienen látex (Ahmad *et al.*, 2013; Lucero, 2013). Su madera es blanda, con hojas verdes y brillantes, por el haz; grises y ásperas por el envés. Sus flores, unisexuadas, están distribuidas por la superficie interna de un receptáculo lobuloso abierto en un extremo (Sala, 1976). La parte comestible se conoce como fruto, sin embargo, es un sicono, es decir, un receptáculo carnoso, hueco, con una pequeña abertura en el ápice en parte cerrado por pequeñas escamas (Dueñas *et al.* 2008), es blando, de gusto dulce, en cuyo interior se alojan los verdaderos frutos (Sala, 1976).

En el higo existen variedades partenocárpicas y no partenocárpicas (Nieto *et al.*, 2007). El sicono, está cubierto por una piel verdosa, negra o morada, según las diversas variedades (Sala, 1976). El tamaño del sicono varía de 3 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de diámetro y su peso oscila entre 28 a 40 g (Nieto *et al.*, 2007). Es un cultivo importante para todo el mundo por su consumo en fresco, deshidratado y procesado (Crisosto *et al.*, 2010a).

El higo se desarrolla adecuadamente en climas cálidos, produce frutos de mejor calidad en climas mediterráneos con veranos cálidos y secos, e inviernos fríos y húmedos (Himerlick, 1999). En esta región, las higueras producen una o dos cosechas al año, según el cultivar (Veberic *et al.*, 2008). Los cultivares utilizados para producir fruta para consumo en fresco, se cultivan en diferentes condiciones ambientales, de las que son para deshidratar (Oukabli y Mekaoui, 2012). Este frutal, se reproduce por vía sexual, pero, este método no es recomendable debido a que el tiempo de fructificación es 10 años después de su plantación. Lo recomendable es la reproducción asexual, por medio de estacas, esquejes, acodos e injertos. Comercialmente se utilizan estacas y esquejes. El tamaño aconsejado de las estacas reproductivas es de 20 a 30 cm; un tamaño mayor causaría deshidratación por exposición al aire, mientras que, estacas pequeñas no tendrían yemas suficientes para dar lugar a la nueva planta (Nieto *et al.*, 2007).

La higuera presenta versatilidad para su producción, desde árboles plantados a campo abierto, con manejo extensivo, sin embargo, el rendimiento de fruto no supera las 10 t ha⁻¹ al año (Melgarejo *et al.*, 2007). En cultivos comerciales se recomiendan distancias de 6 × 6 m y hasta 9 × 9 m; en plantaciones intensivas se aconseja distancias de 4 × 4 m. Los deshierbes, de preferencia son manuales. La cantidad de agua de riego y momentos de aplicación dependerán de la edad de los árboles, variedad, clima, tipo de suelo y topografía. Los sistemas de riego de micro-aspersión o goteo permiten un riego efectivo y uniforme. La higuera tolera la salinidad del agua, hasta 3.5 g por litro de sales totales disueltas (Nieto *et al.*, 2007).

Los siconos aparecen de forma continuada en la higuera, siempre se encuentran en las axilas de las hojas. Normalmente sólo una yema axilar se trasforma en higo, mientras la otra puede dar lugar a una rama; en ocasiones, las dos yemas axilares pueden transformarse en frutos. En otoño, los siconos no caen como las hojas, sino que permanecen en el árbol con crecimiento lento, dependiendo de las condiciones ambientales, sin que exista un periodo de latencia muy marcado; en la primavera el crecimiento de los siconos se realiza más rápido y desde inicios a finales de junio suelen alcanzar la madurez (Melgarejo, 2000). Por lo tanto, el desarrollo de ambos cultivos se caracteriza por diferentes condiciones climáticas (Veberic *et al.*, 2008).

La producción comercial de frutos inicia a los 3 años después de la plantación, la productividad se incrementa con la edad, y llega a su máximo rendimiento a los 15 años. El higo en estado de madurez es un fruto muy delicado y perecedero, no cae naturalmente del árbol hasta que está sobremaduro. La cosecha de los frutos se debe hacer en las primeras horas de la mañana, para evitar las temperaturas altas del medio día y tarde. El punto ideal para la cosecha, de frutos destinados para el mercado local es cuando el fruto dobla levemente el pedúnculo, casi hasta la madurez completa. Los índices que determinan la calidad de los higos frescos durante la postcosecha son: color de piel, sabor y firmeza de la pulpa. Los frutos sobre maduros son indeseables debido a que entran en un proceso de fermentación que deteriora la calidad rápidamente (Nieto *et al.*, 2007).

Algunos de los problemas encontrados en el cultivo moderno de la higuera son: la orientación de la producción (brevas, higos o ambos), productividad y la precocidad de la cosecha. Desde un punto de vista económico, interesa que exista un máximo de número de frutos que hayan alcanzado simultáneamente la madurez comercial para reducir los costos de cosecha (Melgarejo, 2000).

Para la explotación racional de las distintas especies de árboles frutales, muchas prácticas culturales son consideradas indispensables, tal es el caso de la poda, la cual tiene importancia sobre la formación, precocidad, calidad de fructificación, densidad de plantación y productividad de los árboles (Melgarejo, 2000; Souza *et al.*, 2009).

La higuera es un frutal que requiere únicamente podas ligeras, en esta actividad se quitan las ramas secas, “chupones” y se realiza una poda general ligera a base de despuntes con tijeras. Se realizan aclareos discretos y se procura que en el interior de la copa no se rosen unas ramas contra otras. Cabe mencionar que la poda severa induciría una cosecha tardía (Nieto *et al.*, 2007). Esta se debe realizar en condiciones ambientalmente favorables con la finalidad de promover el crecimiento y fructificación, procesos limitados por temperaturas mínimas de 8 °C y máxima de 36 °C. La poda en plantaciones de higueras, promueve la eliminación casi por completo de la copa formada en el ciclo anterior; ésta, generalmente es realizada al final del invierno, próximas a las brotaciones (Souza *et al.*, 2009). En Brasil, la poda drástica de la higuera, retrasa el inicio de la cosecha y las bajas temperaturas pueden prevenir el crecimiento y la maduración de la fruta desde el principio de otoño (Nienow *et al.*, 2006).

Los higos son climatéricos, por lo que pueden cosecharse antes de la madurez de consumo (Melgarejo, 2000). Los frutos maduran en forma asincrónica, y por lo tanto se requiere de varias cosechas para obtener el producto; esta actividad se realiza a mano y representa más del 50 % de los costos laborales (Peña y Fischer, 1993). El aumento del rendimiento es crucial para mantener la rentabilidad del cultivo y adelantar la madurez

en unos días, está justificado por altas cotizaciones que el fruto alcanza en el mercado (Melgarejo, 2000).

En el valle de México, el periodo de cosecha de la higuera se presenta a partir de junio, y es limitada por el periodo de fuertes lluvias de julio a septiembre, lo que provoca pérdidas de frutos, particularmente por pudriciones antes de madurar al penetrar el agua de lluvia por el ostiolo (Mendoza, 2013). Lima *et al.* (2005) señalan que las principales pérdidas de calidad de higo, se dan a consecuencia de una cosecha y embalaje inadecuados, la falta de estandarización del producto en la clasificación, pésimas condiciones de transporte y almacenamiento.

2.3 Maduración anticipada de higo

En la cosecha de higo, las investigaciones se enfocan en acelerar o uniformizar la maduración y con ello adelantar la cosecha, al respecto, se han utilizado para tal efecto diversas sustancias, como el aceite de olivo, reguladores de crecimiento y otras, para tal efecto (Dias *et al.*, 2011). Se revisarán las siguientes:

2.3.1 Aceite de olivo

El aceite de olivo se utilizó para realizar la untura de los higos y consiste en depositar sobre el ostiolo una gota del aceite (Melgarejo, 2000). Esta práctica es antigua en el cultivo de higo (Bianchi *et al.*, 1998) y funciona porque la untura con aceites vegetales aumenta la producción de etileno, debido la peroxidación del aceite expuesto al sol, en consecuencia, se acelera la maduración (Hirai *et al.*, 1967). Para esto, se requiere identificar el momento idóneo de aplicación, hacerlo a destiempo, causa la caída de los higos (Sala, 1976 y Melgarejo, 2000).

La aplicación de aceite de olivo es una técnica de bajo costo, que adelanta la maduración de los higos (siete a diez días) y reduce el número de cosechas, no obstante, es laboriosa y existe pérdida de calidad en especial de la zona donde se realizó la untura

(Sala, 1976). Melgarejo (2000) y Sala (1976) coinciden en que un regulador del crecimiento, como el etileno o ácido giberélico, permitirían un avance en la maduración superior y homogénea con respecto a la untura del aceite.

2.3.2 Etileno

Cuando se asperja Etefón, penetra las hojas y otros órganos de la higuera, para descomponerse y formar etileno (Crane *et al.*, 1970). Al respecto, Marei y Crane (1971) señalaron que después de la aplicación, se inician eventos metabólicos y fisiológicos que conducen al crecimiento y maduración de los higos 'Mission'. En este sentido, ocurre la disminución rápida de las clorofilas (a y b) y el cambio de color en 8 días; esto acelera la maduración de 2 a 3 semanas (Marei y Romani, 1971 y Puech *et al.*, 1976).

Gerdtts y Obenauf (1972) mencionan que la aplicación de 300 a 500 ppm de etefón produce una maduración acelerada y de calidad en higos Calmyrna, no obstante, con 1000 ppm observaron respuestas fitotóxicas como abscisión y quemado de las hojas. Rodrigues *et al.*, (1997) adelantaron la maduración 8 a 12 días con 100 a 750 ppm de etefón; sin embargo, la calidad de los higos cv. Roxo Valinhnos no fue satisfactoria.

Por otra parte, Bianchi *et al.*, (1998) obtuvieron 10 días de adelanto en la maduración con 250 ppm del mismo compuesto. Otra sustancia, como el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (auxina sintética), en concentraciones de 20 ppm, puede usarse para la producción de etileno y causar la maduración acelerada de los higos (Maxie y Crane, 1967).

2.3.3 Ácido giberélico

El ácido giberélico, es un regulador del crecimiento que se aplica para adelantar y uniformizar la maduración en higos (Bianchi *et al.*, 1998). Al respecto, Crane y Grossi (1960) lograron con 20 a 40 ppm y 80 ppm de AG₃, un adelanto de 15 y 25 días en la cosecha, respectivamente, en higos 'Mission', sin embargo, fueron de baja calidad. Por

otro lado, Rodrigues *et al.* (1997) obtuvieron uniformidad y adelanto de la maduración por 30 días con 20, 80 y 120 ppm de AG₃ y 42 días con 40 ppm en higos cv. Roxo Valinhnos; incluso, la calidad de los frutos fue superior al testigo, en todas las concentraciones.

2.4 Propiedades nutricionales del higo

El higo es una fuente importante de compuestos bioactivos, ya que tienen altas concentraciones de antioxidantes fenólicos, flavonoides y antocianinas, estos pueden proteger a las lipoproteínas de la oxidación en el plasma humano (Vinson *et al.*, 2005; Harzallah *et al.*, 2016), también se han identificado compuestos con actividad anticancerígena, específicamente benzaldehídos (usados exitosamente para tratar carcinomas en humanos) y cumarinas (Caliskan, 2015). Por lo mencionado, los higos, pueden ser considerados como fuente natural de compuestos fenólicos con buena capacidad antioxidante (Bucić- Kojić *et al.*, 2011).

Por otro lado, el higo aporta minerales necesarios para el metabolismo humano como: P, K, Ca, Mg, Na, Fe y Zn (Saeed y Sabir, 2005). En la medicina tradicional se utilizan para curar diversas enfermedades como: diabetes, úlceras, cáncer y fiebre entre otros (Ahmad *et al.*, 2013).

2.5 Higo ‘Nezahualcóyotl’

Es una variedad local de la región central de México (Mendoza *et al.*, 2016). Los higos son piriformes, con peso de ± 80 g, longitud ± 7 cm, ancho de ± 5 cm, suaves al tacto, con ostiolo grande y fácil de pelar. Con pulpa de color rojo, y la epidermis de pericarpio es oscura y opaca (García-Ruiz *et al.*, 2013).

2.6 Bioestimulantes

En años recientes, la sustentabilidad en la producción hortícola es esencial para satisfacer las demandas de los consumidores (Colla y Rouphael, 2015). Al respecto, surgieron los bioestimulantes, que incluyen “sustancias o microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y aumentan la tolerancia a las condiciones desfavorables del suelo y ambientales” (Zhang y Schimit, 1997 y Colla y Rouphael, 2015); estos no tienen acción directa contra las plagas y por lo tanto no son plaguicidas (EBIC, 2018).

Kauffman *et al.* (2007) definen que “los bioestimulantes son materiales distintos de los fertilizantes, que promueven el crecimiento de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades” y los clasificó en: sustancias húmicas, productos que contienen hormonas vegetales o aminoácidos.

Por último, du Jardin (2015) separó los bioestimulantes en: 1) sustancias húmicas, 2) hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen nitrógeno (aminoácidos, péptidos y glicina betaína), 3) extractos de algas marinas y botánicos, 4) quitosano y otros biopolímeros, 5) compuestos inorgánicos (Al, Co, Na, Se y Si) y 6) hongos y bacterias benéficos.

Después de la definición de bioestimulante, se han realizado cientos de investigaciones (Battacharyya *et al.*, 2015; Pichyangkura y Chadchawan, 2015; Savvas y Ntatsi, 2015 y Tabli *et al.*, 2018), para conocer los efectos de la aplicación de estos compuestos en hortalizas (Mondal *et al.*, 2013; Sadak *et al.*, 2015 y Liu *et al.*, 2016), cereales (Mustafa *et al.*, 2018), ornamentales (Mondal *et al.*, 2015) forestales (Meza-lzquierdo, 1998) y frutales; estos últimos estudios son escasos (Tarantino *et al.*, 2018).

Algunas de las funciones de los bioestimulantes son: mejorar la eficiencia del metabolismo de la planta, para inducir aumento del rendimiento y calidad (contenido de azúcar y color), facilitan la asimilación, traslocación y uso de nutrientes y hacen más

eficiente el uso del agua entre otras (Calvo *et al.*, 2014; De Pascale *et al.*, 2017 y EBIC, 2018).

2.6.1 Aminoácidos

Los aminoácidos, son bioestimulantes conocidos por tener efectos positivos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas, y mitigan los daños causados por estrés abiótico (Sadak *et al.*, 2015); además, son precursores de sustancias modificadas por una amplia gama de enzimas para la producción de metabolitos secundarios, entre los que se encuentran los flavonoides, alcaloides y otros compuestos (Yu *et al.*, 2010). Los aminoácidos sintetizados en las hojas son transportados hacia la raíz vía el floema y se utilizan como mensajeros de la parte aérea para incrementar la absorción de nitrógeno (Glass *et al.*, 1999).

Los aminoácidos exógenos pueden ser absorbidos, por la planta, vía radical o foliar, se translocan e integran al metabolismo vegetal (Arjona *et al.*, 2004 y Colla *et al.*, 2015).

El ácido glutámico, no es un nutrimento, sin embargo, su aplicación foliar puede ser positiva para las plantas ya que participa en procesos metabólicos importantes, entre los que se encuentran la asimilación del amonio y procesos de transaminación (Taiz y Zeiger, 2010). En particular, el ácido glutámico, es modificado por diversas enzimas, para producir flavonoides, alcaloides y otros compuestos del nitrógeno (Lv *et al.*, 2009). Los tratamientos foliares con ácido glutámico podrían contrarrestar los daños fisiológicos por bajas temperaturas, ya que reduce la actividad enzimática durante las condiciones de frío y después de su aplicación, reduce los niveles de H₂O₂; además, mantiene el crecimiento y rendimiento en hortalizas (Lee *et al.*, 2017). Este aminoácido, mejora la asimilación de nitrógeno en las plantas, lo que puede reflejarse en mayor rendimiento (Cao *et al.*, 2010). Gowan (2002) demostró que, el ácido glutámico mejoró el rendimiento de la cosecha, incrementó el tamaño y calidad de frutos en limón persa; lo mismo ocurre en lima mexicana, sin embargo, la producción se reduce en 20 % (Ariza *et al.*, 2015). En espino chino (*Crataegus pinnatifida*) la aplicación exógena de ácido glutámico (800 mg

L⁻¹) mejora la capacidad fotosintética, la biomasa acumulada (Yu *et al.*, 2010) y se reduce la fotoinhibición (Lv *et al.*, 2009). Serna-Rodríguez *et al.* (2011) reportan un incremento en la clorofila b, con la aplicación de 1.25, 2.5 y 10 g L⁻¹ de ácido glutámico en jitomate.

El triptófano es un aminoácido esencial no solo para las plantas, también para animales, humanos y algunas bacterias. Es crítico para regular el crecimiento y desarrollo de las plantas al ser precursor de las auxinas (Abbas *et al.*, 2013 y Palego *et al.*, 2016). Se ha reportado que la aplicación de triptófano (10⁻⁵ M), tiene un efecto superior en crecimiento y rendimiento de las plantas en comparado con las auxinas puras (Zahir *et al.*, 1999). En su composición, contiene 14 % de nitrógeno, que se libera a partir de su metabolismo dentro de la planta o en la rizósfera (Mustafa *et al.*, 2018), que se traduce en incremento de crecimiento vegetativo y reproductivo (Abbas *et al.*, 2013), rendimiento, atributos fisiológicos y el contenido de nutrientes de los cultivos (Mustafa *et al.*, 2018). Mejora los pigmentos fotosintéticos, azúcares solubles e insolubles, proteínas y alcaloides totales en plantas medicinales (Talaat *et al.*, 2005) y modula la apertura de estomas (Rai, 2002).

La prolina y el triptófano, se acumulan en los tejidos vegetales bajo ciertas condiciones (Yang *et al.*, 1999; Mansour, 2000). Algunas de las funciones propuestas para estos aminoácidos son: regulación de la osmosis, crecimiento y almacenamiento de carbono, nitrógeno y energía (Mansour, 2000). La prolina tiene efectos quelantes y llega a proteger a las plantas contra los metales pesados (du Jardin, 2015). Por otro lado, aspersiones foliares de prolina y triptófano en tres concentraciones (50, 75 y 100 ppm) en granada (*Punica granatum* L.), dos veces al año, en plena floración y cuatro semanas después mejoraron la calidad de crecimiento y rendimiento en los frutos estudiados; en este sentido, el triptófano a una concentración de 100 ppm resultó ser el más efectivo (El Sayed *et al.*, 2014).

Se ha demostrado que las aplicaciones de triptófano aumentan significativamente los componentes de rendimiento en arroz, trigo, okra soya y tomate (Zahir *et al.*, 2000 y Mustafa *et al.*, 2016). Aplicaciones exógenas de triptófano (15 y 25 mg L⁻¹ y 10⁻⁵ M)

reducen el estrés por sequía en maíz (Rao *et al.*, 2012), por salinidad en trigo y girasol (El-Bassiouny, 2005, El-Bassiouny y Adbel-Monem, 2016) y por metales pesados en arroz (Farooq *et al.*, 2005). Khuong *et al.* (2010), reportan que la aplicación foliar de triptófano incrementa el tamaño de frutos de mandarina, sin efectos negativos en la calidad.

2.6.2 Tiamina

La tiamina (vitamina B1) es un nutriente esencial para los humanos; en las plantas, induce la resistencia sistémica adquirida (RSA) (Ahn *et al.*, 2005). Se ha reportado que la aplicación exógena de esta vitamina mejora la resistencia de las plantas a factores estresantes de origen biótico o abiótico (Tunc-Ozdemir *et al.*, 2009 y Rapala-Kozik, 2011), además, puede ser una forma innovadora para mejorar el rendimiento de las plantas y aumentar el valor nutricional de los alimentos básicos (Goyer, 2010). La tiamina exógena es absorbida por raíces y hojas, y es transportada en forma acropétala y basipétala (Mozafar y Oertli, 1992, 1993).

En trigo, el remojo de las semillas en 30 mM de tiamina por 6 horas y la aplicación a los brotes o raíz de 5 y 10 mg L⁻¹ de tiamina en girasol (*Helianthus annuus* L.) contrarrestaron los efectos de salinidad en las plantas (Al-Hakimi y Hamada, 2001 y Sayed y Gadallah, 2001). También, la aplicación de tiamina en arroz, pepino y otras especies, activó la RSA, a través del ácido salicílico y las vías de señalización relacionadas con Ca⁺²; esto les confirió a las plantas, tolerancia a enfermedades virales, fúngicas y bacterianas (Ahn *et al.*, 2005). La aplicación de tiamina es positiva para el manejo de enfermedades en vid y arroz. En vid 'Chardonnay', presentó actividad fúngica directa contra el mildiú veloso (*Plasmopara viticola*) y estimuló la respuesta de defensa de la planta (Boubakri *et al.*, 2012) y en arroz se usó contra el tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*), donde las plantas mostraron un nivel elevado de resistencia al patógeno (Bahuguna *et al.*, 2012); ambos estudios, coinciden en que la vitamina exógena, puede ser una alternativa sustentable y atractiva a los fungicidas, para el manejo de enfermedades.

El-Zawahry y Hamada, (1994) y Hamada *et al.*, (2001) señalan que los tratamientos con tiamina pueden reducir las poblaciones de nematodos en berenjena y arroz al activar la deposición de lignina en las raíces (Huang *et al.*, 2016). Por último, Hamada y Jonsson (2013), señalan que aplicaciones de tiamina (150 μ M) en cebada y chícharo reducen la población y la preferencia de consumo de los áfidos en 60 %. Al parecer, la aplicación de vitaminas (B1) es efectiva cuando las plantas sufren algún tipo de estrés y no bajo condiciones óptimas de crecimiento (Oertli, 1987).

2.7 Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento de las plantas (biorreguladores) están representados por hormonas vegetales o sus análogos sintéticos, por inhibidores de la síntesis o traslocación de hormonas y por bloqueadores de receptores hormonales; son utilizados en la agricultura moderna, horticultura y viticultura. Cuando se aplican, afectan el balance hormonal de las plantas; son utilizados a bajas concentraciones y no poseen un valor nutritivo (Rademacher, 2015). Estos biorreguladores son moléculas activas que regulan los procesos fisiológicos de las plantas (Mustafa *et al.*, 2018).

El éxito de una hormona aplicada en forma exógena depende de factores como: el surfactante o solvente, la etapa de desarrollo de la planta, y de las condiciones ambientales, antes, durante y después, de la aplicación (Rademacher, 2015). Entre los reguladores de crecimiento más utilizados, se encuentran el etileno, las giberelinas, citocininas y productos con acción auxínica (Dias *et al.*, 2011).

2.7.1 Auxinas

Las auxinas son hormonas vegetales, involucradas en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se producen particularmente en meristemos y raíces, se transportan a larga distancia vía vascular a otras partes de las plantas (Jiang *et al.*, 2017). Desempeñan un papel importante en el crecimiento celular, diferenciación del tejido vascular, la dominancia apical, la senescencia foliar, la abscisión de hojas y frutos,

amarre de frutos y la floración (Zahir *et al.*, 2000). A baja concentración, las auxinas estimulan el crecimiento, mientras que, a altas retrasan el crecimiento (Bisht *et al.*, 2018). En algunas especies de plantas, los frutos sin semilla se producen de manera natural, en otros casos la producción se puede inducir por tratamientos con auxinas a flores no polinizadas. La auxina actúa en primer lugar al inducir el amarre de fruto, que a su vez ocasiona la producción endógena de auxina por ciertos tejidos del fruto para completar el proceso de desarrollo (Taiz y Zeiger, 2010).

2.7.2 Citocininas

Entre los efectos que las citocininas ocasionan en las plantas se incluyen: la promoción de la división celular, la inhibición de la senescencia, la regulación de la dominancia apical y la transmisión de señales nutricionales (Sakakibara, 2010). Además, retrasan la descomposición de la clorofila y pueden estimular la fotosíntesis. Los tratamientos con estos reguladores de crecimiento incrementan los cloroplastos, mantienen los niveles de clorofila, alteran la permeabilidad de la membrana, promueven la replicación de los cloroplastos e influyen en la maduración (Sabovljevic *et al.*, 2010).

Las concentraciones más altas de citocininas están en las regiones meristemáticas, órganos de crecimiento como hojas jóvenes, semillas en desarrollo, frutos y raíces; sin embargo, el meristemo apical de la raíz, es el sitio principal de la biosíntesis de esta sustancia reguladora de crecimiento (Vieira *et al.*, 2010). El número de productos químicos que se ajustan a la definición de citocinina ha crecido para incluir una variedad de compuestos naturales y sintéticos, adenina y derivados de fenil-urea (Mok y Mok, 2001).

El Thidiazuron (TDZ; *N*-fenil-*N'*-1, 2,3-tiadiazol-5-ylurea) es un compuesto de fenil-urea no metabolizable que actúa como citocinina (Mok *et al.*, 1982). Está registrado para usarse como herbicida y defoliador (Ferrante *et al.*, 2002). Este producto químico muestra diferentes efectos sobre las plantas, en función de la concentración, momento de aplicación, especie o variedades tratadas, adicionalmente la interacción de todos los

elementos mencionados con los factores ambientales, pueden afectar significativamente la respuesta fisiológica de las plantas (Leite *et al.*, 2010; Do Amarante *et al.*, 2002).

Calderón y Rodríguez (2000), aplicaron concentraciones de 250 y 500 mg L⁻¹ de TDZ como promotor de la brotación en durazno (*Prunus persica* L. Batsch) y ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.), obtuvieron 90 % de yemas florales brotadas a los 35 días después de la aplicación en durazno; en ciruelo japonés con aplicaciones de 250 mg L⁻¹ promovieron la floración en 85 %.

En manzana (*Malus domestica* L.), se observó que la aplicación de thidiazurón tiene la capacidad de liberar las yemas laterales que se encuentran en latencia (Wang *et al.*, 1986), aumenta el crecimiento de los brotes y el amarre de los frutos (Fagundes *et al.*, 2017). Por otro lado, en chabacano (*Prunus armeniaca*) la aplicación de TDZ más aceite, adelantó la floración y logró mayor uniformidad, y en el caso de los frutos se adelantó la fecha de cosecha (Campoy *et al.*, 2010). Con la aplicación de TDZ (50, 100 y 200 mg L⁻¹), se adelantó el inicio de la floración 8 días en ciruelo japonés; además, se incrementó el diámetro del ovario en las tres concentraciones y el grosor de la pared del ovario en la yema floral en brotación a una concentración de 100 mg L⁻¹ (Alvarado-Raya *et al.*, 2000).

Aspersiones foliares de TDZ y ácido giberélico ambas a una concentración 20 mg L⁻¹ y en plena floración de pera 'Shinseiki' incrementaron el amarre de fruto y la producción (Hawerth *et al.*, 2011). También se ha utilizado en ornamentales, para prevenir la senescencia del follaje (Macnish *et al.*, 2010).

2.7.3 Giberelinas

Taiz y Zeiger (2010) mencionan que las giberelinas afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas de las siguientes formas; promueven la geminación de la semilla, estimulan el crecimiento del tallo y la raíz, regulan la transición de la etapa juvenil a la adulta, influyen en la iniciación floral y la diferenciación, promueven el desarrollo y

crecimiento del tubo polínico, promueven el amarre de fruto y el desarrollo temprano de semillas y la partenocarpia.

Las giberelinas se transportan por el floema junto con los productos de la fotosíntesis y también por xilema probablemente por el desplazamiento radial desde el floema hacia xilema (Soberón *et al.*, 2005). En las plantas, las giberelinas determinan importantes los cambios fisiológicos como: floración, partenocarpia, expresión sexual, senescencia, abscisión, rompimiento del letargo (Vieira *et al.*, 2010), germinación de semillas, crecimiento del tallo, desarrollo del polen y crecimiento del fruto (Sponsel y Hedden, 2010). Estas hormonas se sintetizan en las regiones de crecimiento, endospermo, la fruta inmadura, ápices de tallos y raíces (Vieira *et al.*, 2010). Se ha reportado que las aplicaciones de ácido giberélico mejoran la vida postcosecha de varios frutales (Huang *et al.*, 2014).

Las giberelinas son capaces de estimular el desarrollo del fruto tan eficientemente como las auxinas en las siguientes especies: higo, pera, manzana, tomate y fresa (García-Martínez y Hedden, 1997). En fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) la aplicación foliar de ácido giberélico (AG₃) en la etapa de diferenciación de yemas y en prefloración, a una concentración de 75 ppm, redujo la malformación de frutos y aumentó el número de frutos y la producción comercial, sin efectos adversos en las variables de calidad en los frutos (Sharma y Singh, 2009). En arándano (*Vaccinium ashei*), la aplicación foliar de AG₃ disminuye el periodo entre épocas de floración, incrementa el área foliar, el contenido de clorofila, el peso individual de frutos y el número de semillas fértiles (Zang *et al.*, 2016). Concentraciones de 5, 20, 50, 100 mg L⁻¹ de AG₃ aplicados a los 0 y 15 días después de la floración en piña, aumentaron significativamente el peso del fruto, en donde 50 mg L⁻¹ de AG₃ resultó ser la concentración más efectiva (Li *et al.*, 2011). Espíndola-Barquera *et al.* (2008) reportan que la aplicación foliar de AG₃+N durante la floración (estado de coliflor) de aguacate 'Hass' incrementa el amarre de fruto inicial y final en años de baja producción e incrementa el amarre de fruto inicial en años de alta producción.

Tecchio *et al.* (2009) observaron en uva 'A Dona' que la aplicación 20 mg dm⁻³ de AG₃ 20 días después de la floración, mejora el peso fresco (75 % en los racimos y 63 % en las bayas), el diámetro y la longitud del racimo (8 al 15 %), longitud y diámetro de la baya (10 %) y el número de bayas (16 %). En tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) 'Poncã' se observó que la aplicación de 20 y 50 mg dm⁻³ AG₃ (150 a 90 días antes de plena floración) reduce la producción de flores e incrementa el porcentaje de producción de frutos en el año de producción excesiva, con lo cual se reduce el efecto de alternancia (Maia *et al.*, 2010).

Pérez-Madrid *et al.* (2005) encontraron que las aplicaciones de AG₃ en etapas tardías de floración (caída de pétalos) en árboles de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) 'Mónica' no tiene efecto sobre el amarre de frutos. En mango 'Ataulfo' la aplicación de AG₃ (50 o 100 mg L⁻¹) mediante aspersiones al follaje produce en los árboles dos épocas de floración bien definidas, una floración normal y una floración retrasada (Vázquez-Valdivia y Pérez-Barraza, 2006). Ribeiro *et al.* (2010) encontraron que la aplicación, a racimos en crecimiento de uvas 'Superior Seedless', de 10 mg L⁻¹ de AG₃ asociado con la aplicación de 10 o 20 mg L⁻¹ de BAP promueven el crecimiento en la calidad de los racimos y las bayas (sólidos solubles, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez, peso fresco, longitud, diámetro y volumen).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento se estableció en un invernadero con cubierta plástica, tipo capilla simple, de techo semicircular de 3 m de altura y paredes verticales, ubicado en el huerto "San José" del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México. Geográficamente se localiza en las coordenadas 19° 27' 29" latitud norte y 98° 54' 11" longitud oeste, a una altitud de 2251 m. Las condiciones ambientales externas y dentro del invernadero bajo las cuales se desarrolló el experimento se encuentran en la Figura 23 y 24 del anexo.

3.2 Material vegetal y manejo de las plantas

Se utilizaron 60 plantas de higo 'Nezahualcóyotl' provenientes de estacas con apenas 3 meses de enraizamiento; estas se instalaron el 19 de octubre 2016, es decir, en su primer año de vida luego del trasplante. Cada planta se estableció en una maceta de 38 L, con sustrato a base de vermiculita (Agrolita®), turba (Kekkilä Proffesional®), suelo del huerto "San José" y compost de estiércol bovino, en una relación 1:1:1:3. Las macetas con las plantas se distribuyeron dentro del invernadero a una distancia de 60 cm entre líneas y 40 cm entre macetas dentro de la línea. El manejo de las plantas incluyó riego cada tercer día (3 L por maceta) hasta el mes de marzo 2017 y 4 L diarios en el periodo de abril a julio 2017. Para aportación de fertilizantes cada 8 y 15 días, respectivamente, se aplicaron 4 g de Ultrasol® Multipropósito y 2 g de YaraMila® Complex, cada 8 y 15 días, respectivamente. Las plantas se condujeron a tres ramas productivas.

Las plantas tuvieron dos ciclos de producción. La primera etapa fue de mayo a julio de 2017. Cerca del final de la primera cosecha, las plantas continuaron su crecimiento apical, la emisión de nuevas hojas y la formación de frutos en las axilas sin producir; los frutos de este crecimiento fueron cosechados a partir de mediados de octubre hasta noviembre de 2017, sin embargo, en esta segunda etapa el crecimiento apical fue escaso porque las plantas acababan de terminar su producción anterior. Los resultados de rendimiento de esta segunda etapa de producción tienen este antecedente, el cual es adverso a diferencia de una condición normal en donde las plantas permanecen por más tiempo en descanso o sin producción.

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos se aplicaron en dos ciclos de producción (Cuadro 1). En el primero; la aplicación fue el 5 de marzo 2017 y una aplicación más después de 15 días. En el segundo, solo se aplicó una vez el 20 de julio de 2017. Las aplicaciones se realizaron entre las 8:00 y las 12:00 horas del día.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a los nudos de higo 'Netzahualcóyotl' cultivados en condiciones de invernadero

Tratamiento	Concentración
T1	100 mg L ⁻¹ de TDZ y 50 mg L ⁻¹ de AG ₃
T2	100 mg L ⁻¹ de TDZ; 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ y 150 mg L ⁻¹ de triptófano
T3	50 mg L ⁻¹ de TDZ; 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ y 150 mg L ⁻¹ de ácido glutámico
T4	150 mg L ⁻¹ de ácido glutámico y 100 mg L ⁻¹ de tiamina
T5	25 mg L ⁻¹ de TDZ; 150 mg L ⁻¹ de triptófano y 150 mg L ⁻¹ de ácido glutámico
T6	Testigo (sin aplicación)

A cada uno de los tratamientos se les adicionó 1.5 mL de INEX-A[®] por litro de solución como agente surfactante. Para los bioactivadores se utilizaron los siguientes productos: el Thidiazurón se obtuvo del producto comercial Revent[®] 500 SC, ácido giberélico 90 % (FERTICHEM, S.A. de C.V.), tiamina 100 % (PRONAQUIM, S.A. de C.V.), ácido glutámico 100 % y triptófano 100 % (CIMA NATURAL, S.A. de C. V.). Para la aplicación de los tratamientos se utilizó un atomizador convencional por tratamiento y se hicieron aspersiones manuales dirigidas a los nudos de las ramas hasta el punto de escurrimiento.

3.4 Variables y frecuencia de medición

Cosecha de frutos

Se presentaron dos épocas de cosecha; el primer ciclo de producción se llevó a cabo de mayo a julio de 2017 (siete meses después del trasplante). El segundo ciclo abarcó

de octubre a noviembre del 2017 (luego de un año de establecidas las plantas en las macetas). Se realizaron cosechas semanales de higos en madurez de consumo y los datos se reportaron quincenalmente.

Se midió el rendimiento, el número de frutos por planta, la dinámica de producción, longitud, diámetro y peso de los siconos en cada unidad experimental. Para el análisis estadístico de estas variables se utilizaron todos los frutos obtenidos de la producción. También se evaluó la calidad postcosecha; color, firmeza, acidez titulable (AT), sólidos solubles totales (SST) y la relación SST/AT. En este caso se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento y las variables se midieron el día 15 de cada mes de cosecha. El porcentaje de materia seca y la humedad se determinó con frutos cosechados el día 15 de mayo, junio, julio y noviembre.

3.4.1 Porcentaje de brotación de yemas secundarias

Se seleccionó una rama al azar por planta y se contaron las yemas axilares secundarias en reposo (Figura 1). Después de la aplicación de los tratamientos, se cuantificó el número de yemas axilares brotadas tanto vegetativas como reproductivas cada siete días, hasta 30 días después de la aplicación, por último, se expresó el porcentaje de cada una. El procedimiento se realizó en ambas etapas de producción.



Figura 1. La flecha en rojo indica la yema axilar en reposo. También se observa una inflorescencia en desarrollo y el pecíolo de una hoja de la higuera 'Netzahualcóyotl'.

3.4.2 Rendimiento y dinámica de producción

Para determinar el rendimiento (kg planta^{-1}) se pesaron los higos recién cosechados (Torres *et al.*, 2008). También se contó el número de frutos por planta en ambas etapas.

La dinámica de producción indica el porcentaje de frutos obtenidos en cada cosecha. Para calcularlo se determinó el número de frutos en cada fecha de cosecha, se dividió entre el total de frutos en cada etapa de producción y se multiplicó por 100 para expresar los resultados en porcentaje.

3.4.3 Curvas de crecimiento del fruto 'Nezahualcóyotl'

Para generar las curvas de crecimiento de frutos de cada etapa de producción, se midió el diámetro, con un vernier (Truper®, China), de 5 higos en 5 plantas por tratamiento. La medición se realizó cada 15 días a partir de la emisión de la yema reproductiva hasta la madurez de consumo (Marei y Crane, 1971).

3.4.4 Longitud, diámetro y peso

La longitud se midió, con vernier (Truper®, China), desde el cuello del fruto hasta el ostiolo. El diámetro máximo se determinó en la sección ecuatorial (Figura 2); los dos valores obtenidos se registraron en centímetros. El peso se midió, con una báscula digital 6927 (Santul®, China), en higos individuales recién cosechados. Las repeticiones de estas variables estuvieron en función de la disponibilidad de los frutos por tratamiento.

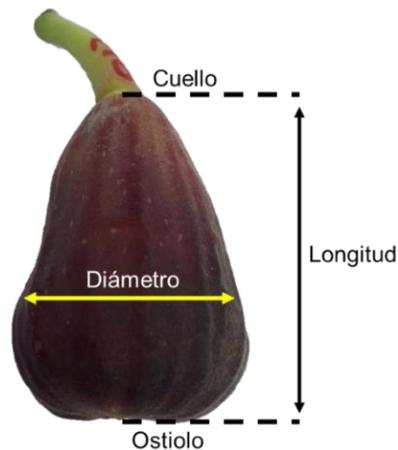


Figura 2. Esquema de las dimensiones de longitud y diámetro de un higo 'Netzahualcóyotl'.

3.4.5 Color

El color de la epidermis se midió en la zona ecuatorial de los frutos en dos lados opuestos. Se utilizó un colorímetro portátil, Colorimeter NR20XE (3nh[®], China), y se registraron los valores de (L) luminosidad, (a*) coordenada cromática rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde), (b*) coordenada cromática amarillo/azul (+b indica amarillo y -b indica azul), (C) chroma y (h) ángulo de tono Hue° (Yemiş *et al.*, 2012).

3.4.6 Firmeza

La firmeza se determinó con un texturómetro digital modelo FDV-30 (Wagner[®], Inglaterra), provisto de un puntal cónico de 7 mm; se registró la fuerza necesaria para penetrar la epidermis, en la zona ecuatorial y en dos lados opuestos del fruto; los datos se reportaron en newtons (N) (García-Martínez *et al.*, 2015; Baldoni *et al.*, 2016).

3.4.7 Acidez titulable (AT)

La acidez titulable se determinó por el método de la AOAC (1990) y Rosianski *et al.* (2016). En un recipiente se pesaron 5 g de pulpa de higo, a la cual se agregó 40 mL de agua destilada, posteriormente se licuó con una batidora de mano. De la mezcla obtenida

(41 mL), se tomó una alícuota de 20 mL y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína. Por último, la mezcla se tituló con NaOH 0.01 N hasta lograr un vire a color púrpura.

Los datos se reportaron como porcentaje (%) de ácido cítrico en la pulpa, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{G \times N \times Mq \times V \times 100}{p \times T}$$

G = Gasto de NaOH (mL)

N = Normalidad del NaOH

Mq = Miliequivalentes de ácido cítrico (0.06404)

V = volumen total de la muestra (mL)

p = pulpa utilizada (g)

T = volumen de la muestra titulada

3.4.8 Sólidos solubles totales (SST) y relación azúcar/ácido (SST/AT)

El contenido de SST se midió por refractometría de acuerdo con el método propuesto por AOAC (1990). Se utilizó un refractómetro digital modelo PR-32α (Atago®, Japón). La calibración del equipo se realizó con una gota de agua destilada, en seguida, se exprimió con una manta de cielo, la mitad de un fruto hasta obtener una gota de jugo de la parte central. Los valores obtenidos se expresaron como porcentaje (%). Con base en los resultados de SST y AT, se calculó la relación SST/AT.

3.4.9 Materia seca y humedad

Esta variable se determinó al momento de la cosecha. Los higos frescos se pesaron, en una báscula digital modelo EY-2200 (Asep®, Inglaterra); en seguida, se rebanaron y colocaron individualmente en charolas de aluminio y se metieron a una estufa de convección forzada a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ por 48 horas, hasta peso constante. Transcurrido ese

tiempo, por diferencia de peso, se determinaron los porcentajes de materia seca y humedad con las siguientes fórmulas:

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{PS \times 100}{PH}$$

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{PH - PS}{PH \times 100}$$

PS = Peso seco del higo

PH = Peso fresco del higo

3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar (DECA). El análisis de datos incluyó prueba de normalidad (Anderson-Darling), varianzas homogéneas (Test de Bartlett), análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$). El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS System for Windows 9.1 (SAS, 2002).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de brotación de yemas secundarias

Los tratamientos T1, T2, T3 y T5 provocaron la brotación de las yemas axilares en reposo. El tratamiento T4 no afectó esta variable. El porcentaje de brotación de yemas florales en la primera etapa fue menor, con respecto de la segunda (Cuadro 2). Por otro lado, el tratamiento T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) favoreció la brotación del mayor porcentaje de yemas florales en ambas etapas.

En la producción de frutales, las aspersiones con TDZ y AG₃ favorecen el porcentaje de brotación en manzana 'Royal Gala', zarzamora 'Comanche', durazno 'Diamante' y ciruelos 'Santa Rosa' y 'Corazón Rojo', entre otros (Almaguer *et al.*, 2000; Alvarado-Raya

et al., 2000; Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar, 2000; Galindo *et al.*, 2004 y Fagundes *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Porcentaje de brotación de yemas secundarias axilares de higo 'Netzahualcóyotl' tratadas con bioactivadores.

Tratamiento [†]	% Brotación de yemas secundarias					
	Primera etapa			Segunda etapa		
	Vegetativa	Floral	Total	Vegetativa	Floral	Total
T1	100	0.0	100	99	1.0	100
T2	100	0.0	100	98	2.0	100
T3	98.7	1.3	100	97.6	2.4	100
T4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T5	97.3	2.7	100	95.3	4.7	100
T6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

La aplicación de los tratamientos T1, T2, T3 y T5 promovió la brotación de yemas secundarias vegetativas como reproductivas; sin embargo, en ambos casos se presentó fitotoxicidad (clorosis y necrosis). Las yemas reproductivas fueron más susceptibles (Figura 3) al caerse 20 días después de la aplicación (DDA) de los bioactivadores, comparado con las vegetativas que se cayeron a los 25 DDA. Los síntomas de fitotoxicidad coinciden con los resultados de Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar (2000), quienes observaron este problema en aplicaciones de 500 mg L⁻¹ de TDZ en durazno y ciruelo.

La acción del TDZ está en función de la concentración, cultivar y época de aplicación (Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar, 2000); este compuesto tiene papeles duales, es decir, promueve el desarrollo del pistilo o revierte el aborto del estambre en las flores (Pan *et al.*, 2016). Campoy *et al.* (2010) señalan que la mezcla de TDZ con aceite mineral

incrementa el aborto de pistilos, en consecuencia, se reduce el porcentaje de producción de chabacanos 'Poppy'.

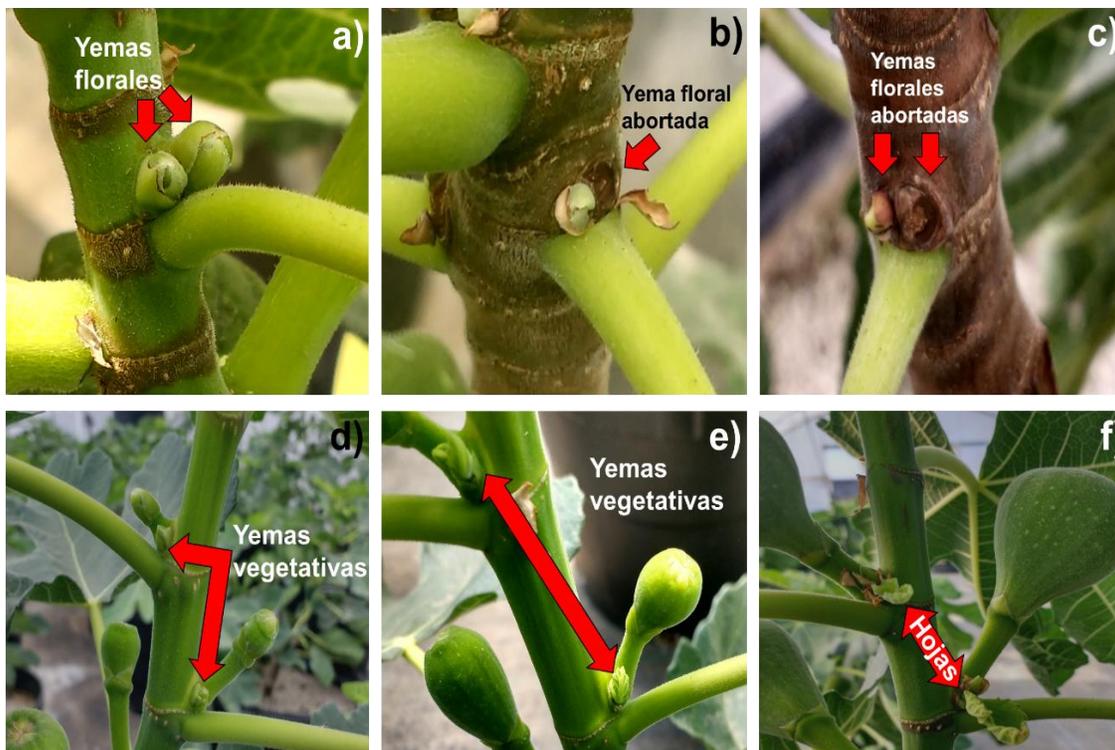


Figura 3. a) Yemas florales a los 10 DDA de los tratamientos con TDZ; b) y c) yemas florales abortadas a los 20 y 23 DDA; d) y e) yemas vegetativas a los 7 y 15 DDA, f) hojas cloróticas y con ápice necrosado a los 25 DDA en higo 'Netzahualcóyotl'

4.2 Crecimiento de frutos

En la Figura 4a se muestra la curva de crecimiento de los higos 'Netzahualcóyotl'; después de la 1ª aplicación de los tratamientos T1, T2, T3 y T5, el diámetro se incrementó 15 mm en los frutos a los 10 días de la aplicación comparado con el testigo y el tratamiento T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), el cual no afectó el crecimiento del fruto en ninguno de los ciclos de evaluación. Posterior al aumento en diámetro, el crecimiento fue lento del 15 al 30 de marzo y se restableció el 15 de abril. Por otra parte, los frutos del testigo y el tratamiento T4 no mostraron el mismo comportamiento. Con la 2ª aplicación durante esta primera etapa no se observaron incrementos en diámetro (Figura 4a).

Con relación a la segunda etapa (Figura 4b), el diámetro de los higos aumento 5 mm a los 11 días posteriores de la aplicación de los tratamientos T1, T2, T3 y T5, respecto a los frutos del testigo y al tratamiento T4 que nuevamente no influyó en el crecimiento. Aunque el aumento en diámetro de los higos fue menor que en la primera etapa, no se detuvo el crecimiento.

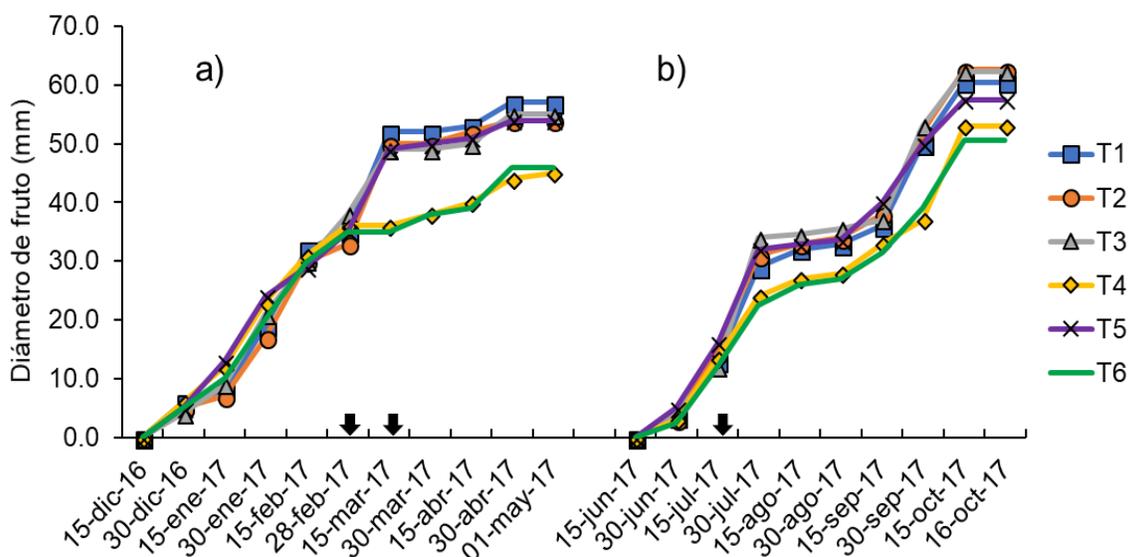


Figura 4. Curvas de crecimiento en diámetro (mm) de higos 'Netzahualcóyotl' en la primera (a) y segunda etapa (b) de producción completadas a un año del trasplante de las higueras. Las flechas negras indican el día de la aplicación de los bioactivadores. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En ambas etapas productivas del experimento, los higos 'Netzahualcóyotl' tratados con los tratamientos T1, T2, T3 y T5 aumentaron el diámetro de los frutos; estos resultados concuerdan con reportes de que reguladores del crecimiento incrementan el diámetro de frutos de ciruela (Erogul y Sen, 2015), piña (Li *et al.*, 2011), kiwi (Famiani *et al.*, 2007) y pera (Zhang *et al.*, 2005). No obstante, estos resultados apoyan los incrementos en el tamaño de siconos que se manifiestan luego de la aplicación de los tratamientos con bioactivadores que tienen en común AG₃ y TDZ. Sin embargo, el tratamiento 5 constituido de TDZ, triptófano y ácido glutámico, no contuvo AG₃ y el efecto

fue similar. El común denominador en los tratamientos que aumentaron el tamaño del fruto fue el TDZ, el cual ha demostrado aumentar el número de células en tejidos del fruto de ciruela (Alvarado-Raya *et al.*, 2000).

Crane y Grossi (1960) señalan que al aumentar las concentraciones de AG₃ (20 a 80 ppm) y la frecuencia de aplicación (Kurubar *et al.*, 2017) se reduce progresivamente el diámetro de los higos 'Mission' y 'Poona'. Sin embargo, Milić *et al.* (2018) no encontraron cambios con la aplicación de 200 mg L⁻¹ de AG₃ en arándano. Lo que indica que el efecto del AG₃ depende de la especie y variedad.

Otros compuestos, como el TDZ, aumentan el tamaño de la fruta en litchi (Zeng *et al.*, 2012) y lima mexicana (Ariza *et al.*, 2015). El triptófano y el ácido glutámico, también incrementan el diámetro en granadas (El Sayed *et al.*, 2014), limas mexicanas (Ariza *et al.*, 2015), naranjas y mandarinas (Pillietteri *et al.*, 2010).

El crecimiento del higo 'Netzahualcóyotl' coincide con una curva doble sigmoide reportada para este frutal, la cual comprende tres fases (Crisosto *et al.*, 2010a; Freiman *et al.*, 2012); fase de división celular (I), fase de transición (II) y la fase de expansión celular (III) (Owino *et al.*, 2006, Rosianski *et al.*, 2016 y Bahar y Lichter, 2018).

En esta investigación, se atribuye al AG₃ y el TDZ los incrementos en diámetro; ambas sustancias han demostrado ser efectivas para este fin; el primero, ocasiona elongación o agrandamiento celular (Li *et al.*, 2011) y el segundo, estimula la división y expansión celular en las primeras etapas del desarrollo (Nisler, 2018). La dirección y el tipo (positivo o negativo) de interacción dependen del proceso biológico, el tejido, la etapa de desarrollo, las condiciones ambientales, la concentración, composición y frecuencia de aplicación de los biorreguladores (Weiss y Ori, 2007 y Kurubar *et al.*, 2017). El conocimiento es limitado acerca de la compleja interacción entre los fitorreguladores y sus respuestas (Weiss y Ori, 2007).

4.3 Rendimiento y dinámica de producción

En cuanto al número de frutos por planta en la primera etapa de producción evaluada (Figura 5), se presentaron diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T4 y T6 (30 frutos planta⁻¹) que fueron superiores al tratamiento 2. En los tratamientos T1, T2, T3 y T5 se observa una tendencia a disminuir los frutos por planta. En la segunda etapa no existieron diferencias estadísticas significativas (Figura 6).

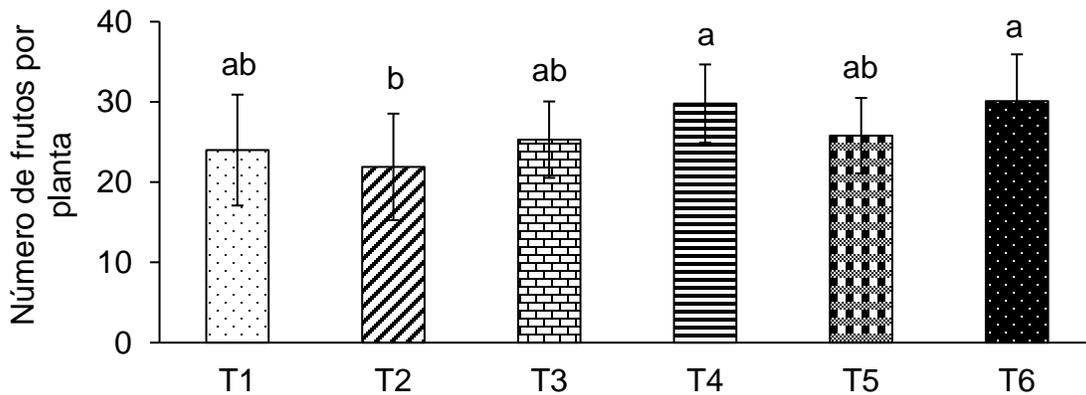


Figura 5. Número de frutos por planta de higueras jóvenes 'Netzahualcóyotl' cultivadas en invernadero. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

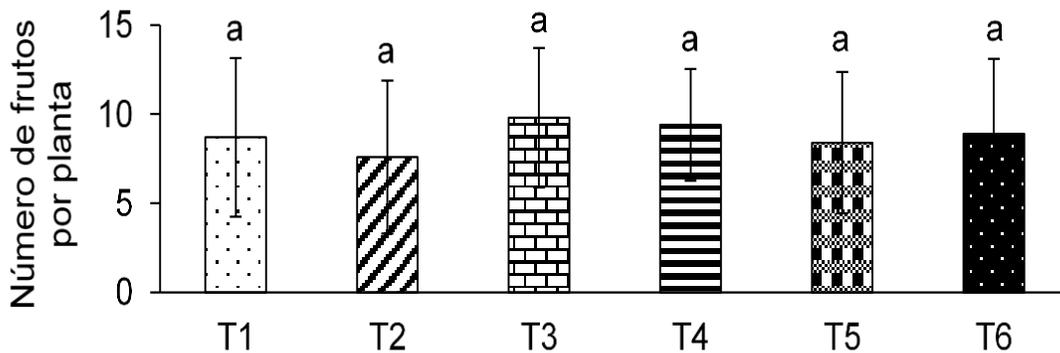


Figura 6. Número de frutos por planta de higueras jóvenes 'Netzahualcóyotl' cultivadas en invernadero. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

La aplicación doble de los tratamientos T1, T2, T3 y T5 en la primera etapa de producción, tuvo un efecto acumulativo y perjudicial sobre el número de frutos por planta; por otra parte, la única aspersión en la segunda etapa, no afectó esta variable, al no existir diferencias estadísticas significativas.

Varios autores (Sharma y Singh, 2009; Hawerth *et al.*, 2011; Eroglu y Sen, 2015) señalan que aplicaciones simples, dobles, aisladas o compuestas de TDZ y AG₃ en fresa, pera y ciruela, tienen respuestas positivas o negativas sobre el número de frutos por planta; este rendimiento, depende de la concentración, composición y número de aplicaciones de los biorreguladores, además del estado fenológico de la especie; pero, principalmente, del balance hormonal de la planta (Jung *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2015; Mustafa *et al.*, 2018).

En general, aspersiones de ácido glutámico, triptófano o tiamina, están orientadas a generar tolerancia a factores estresantes para las plantas, sin causar efectos adversos sobre la calidad del fruto (Gowan, 2002; Anh *et al.*, 2005; Lv *et al.*, 2009; Goyer, 2010; Khuong *et al.*, 2010; Yu *et al.*, 2010; Boubakri *et al.*, 2012 y Lee *et al.*, 2017), por lo que al parecer ningún bioestimulante incrementa el número de frutos por planta.

En cuanto al rendimiento (kg planta⁻¹) no se detectaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las etapas de producción evaluadas (Figuras 7 y 8); al final en el peso de los frutos producidos, los tratamientos no tuvieron efecto sobre esta variable pese al aumento de tamaño en diámetro de fruto detectado luego de la aplicación de los tratamientos 1, 2, 3 y 5. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Kurubar *et al.* (2017) en higo 'Poona', donde la concentración y frecuencia de aspersión de AG₃ no modificaron el rendimiento. Al respecto, Vázquez-Valdivia y Pérez-Barraza (2006) mencionan que aplicaciones foliares simples o dobles de 50 y 100 mg L⁻¹ de AG₃, en mango "Ataulfo", no cambian el rendimiento (kg/árbol).

Por otro lado, se ha registrado que aplicaciones de AG₃ redujeron el rendimiento (kg planta⁻¹) en uva 'Heukboseok' a 12.5 mg L⁻¹, ciruela 'Angelino' a 50 y 75 mg L⁻¹ y mango

'Guifei' a 250 mg L^{-1} ; sin embargo, esta reducción puede ser compensada por una mejora en la calidad postcosecha de los frutos (Erogul y Sen, 2015; Jung *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2015 y Gao *et al.*, 2017).

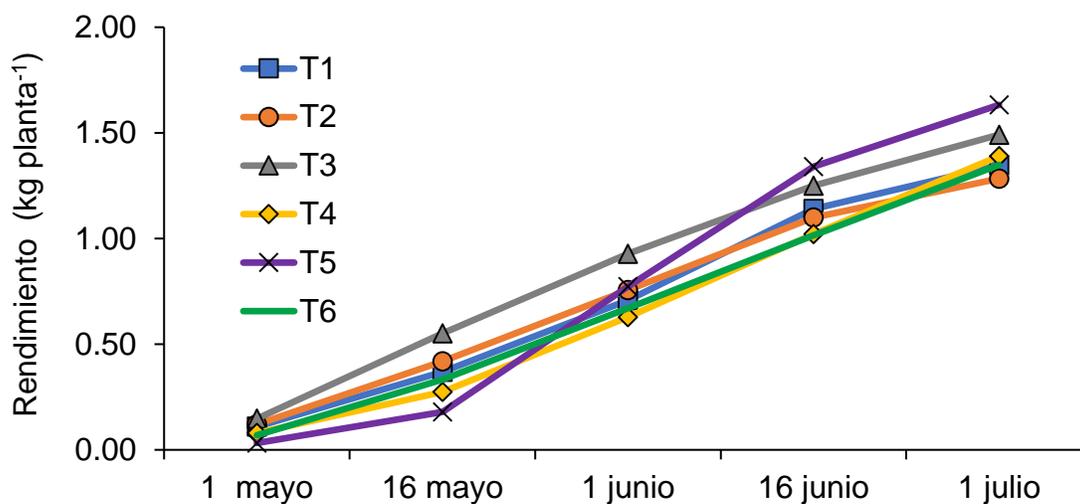


Figura 7. Rendimiento (kg planta^{-1}) de higuera 'Netzahualcóyotl' cultivada en invernadero. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L^{-1} TDZ y 50 mg L^{-1} AG_3), T2 (100 mg L^{-1} TDZ; 25 mg L^{-1} AG_3 y 150 mg L^{-1} triptófano), T3 (50 mg L^{-1} TDZ; 25 mg L^{-1} AG_3 y 150 mg L^{-1} ácido glutámico), T4 (150 mg L^{-1} ácido glutámico y 100 mg L^{-1} tiamina), T5 (25 mg L^{-1} TDZ; 150 mg L^{-1} triptófano y 150 mg L^{-1} ácido glutámico) y T6 (Testigo).

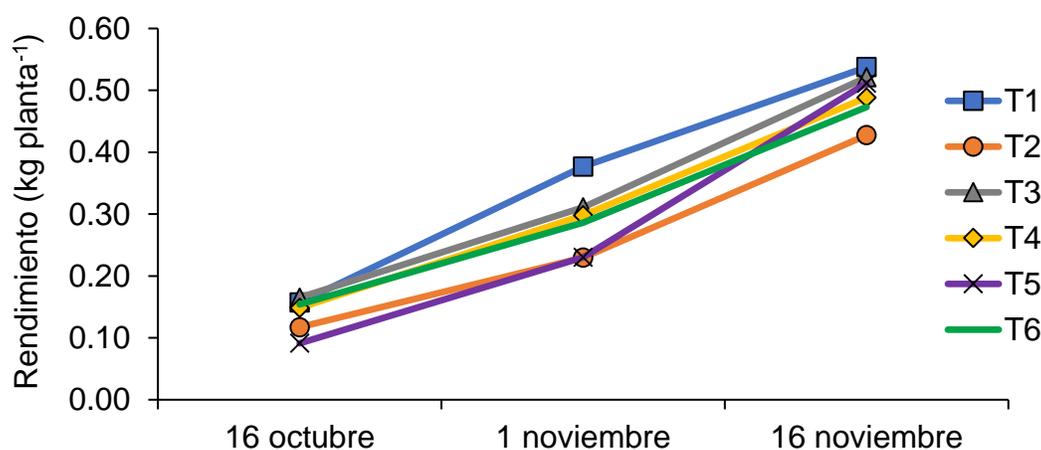


Figura 8. Rendimiento (kg planta^{-1}) de higuera 'Netzahualcóyotl' cultivada en invernadero. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L^{-1} TDZ y 50 mg L^{-1} AG_3), T2 (100 mg L^{-1} TDZ; 25 mg L^{-1} AG_3 y 150 mg L^{-1} triptófano), T3 (50 mg L^{-1} TDZ; 25 mg L^{-1} AG_3 y 150 mg L^{-1} ácido glutámico), T4 (150 mg L^{-1} ácido glutámico y 100 mg L^{-1} tiamina), T5 (25 mg L^{-1} TDZ; 150 mg L^{-1} triptófano y 150 mg L^{-1} ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Estudios de Sharma y Singh (2009), Hawerroth *et al.* (2011) y Gao *et al.*, (2017), coinciden en que aspersiones de 75 mg L⁻¹ en fresa 'Chandler', 20 mg L⁻¹ en pera 'Shinseiki' y 50 o 100 mg L⁻¹ de AG₃ en mango 'Guifei', aumentan el rendimiento; pero, existe la competencia por asimilados y, los frutos pequeños, son eliminados por la planta o se reduce el peso individual. Por otro lado, Jung *et al.*, (2015) alcanzaron el rendimiento óptimo con 12.5 mg L⁻¹ de AG₃ + 2.5 mg L⁻¹ TDZ en uvas 'Heukboseok'. La aplicación de ácido glutámico (10 μmol·mol⁻¹) en col kimchi, y triptófano (1×10⁻⁴ M) en tomate, mejoraron el rendimiento (Zahir *et al.*, 2000 y Lee *et al.*, 2017).

En esta investigación, la aplicación de bioactivadores, promovió la brotación de yemas secundarias tanto vegetativas como reproductivas, principalmente las primeras, y con ello se incrementó la competencia entre los frutos y con los brotes vegetativos, por lo tanto, la planta abortó los higos de menor tamaño y vigor; en consecuencia, no se incrementó el rendimiento (kg planta⁻¹).

En general, pese a la falta de diferencias significativas, al considerar un rendimiento promedio por planta de 1.5 kg en la primera producción (Figura 7) y un promedio de 0.5 kg en la segunda producción evaluada (Figura 8), resulta una producción total estimada de 2.0 kg de fruta por planta. Contemplando que la densidad de plantación del experimento fue de alrededor de 10,000 plantas por hectárea, se estima un rendimiento por hectárea de 20 toneladas de fruto fresco en plantas de justo apenas un año de establecidas, lo cual es 4 veces mayor que el rendimiento medio por hectárea (5.03) de las 1426 hectáreas cultivadas en México en 2016, según reportes del SIAP (2018). Lo anterior denota el potencial de rendimiento del higo 'Netzahualcóyotl' cultivado en altas densidades y quizá con mayor investigación se pueda incrementar aún más.

En relación con la dinámica de producción; al 16 de junio, los tratamientos T1, T2, T3 y T5 presentaron un avance en la cosecha, de los higos en madurez de consumo, en 85.8, 88.1, 86.5 y 86 %, comparado con el tratamiento T4 y testigo (Figura 9), con menos del 80 % de los frutos cosechados en la misma fecha.

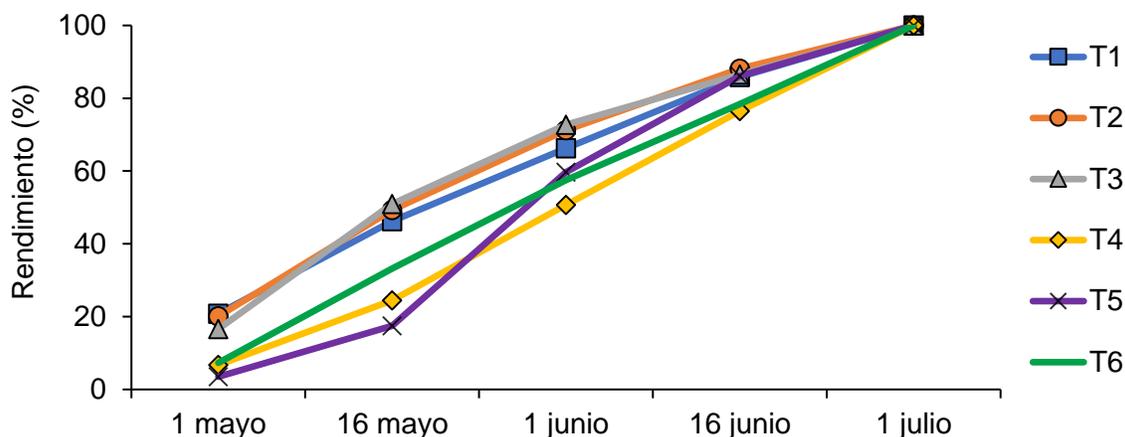


Figura 9. Dinámica de producción de higo 'Netzahualcóyotl' cultivado en invernadero. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En la segunda etapa, todos los tratamientos con bioactivadores retrasaron la cosecha de los higos (Figura 10). El tratamiento que más retrasó la producción fue el T5; sólo alcanzó 13.1 % de los higos en madurez de consumo; mientras que el testigo, 31.4 % en la cosecha del 16 de octubre.

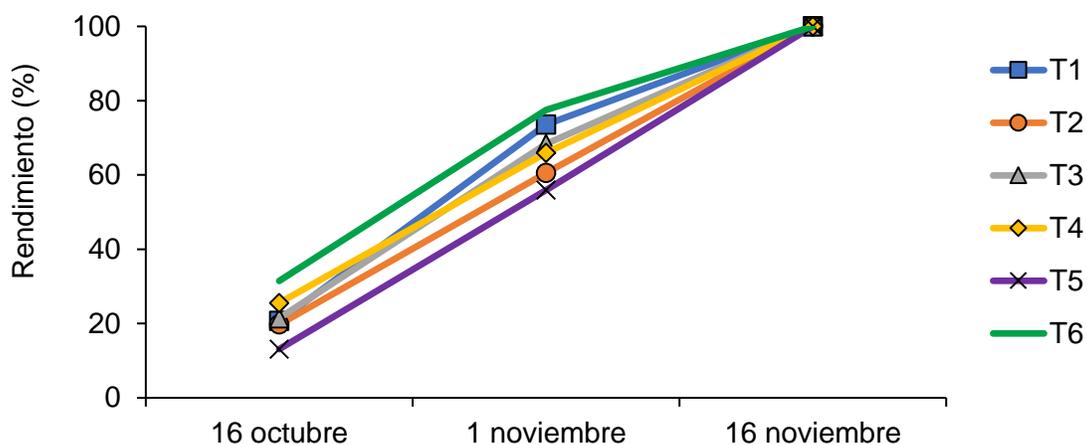


Figura 10. Dinámica de producción de higo 'Netzahualcóyotl' cultivado en invernadero. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Según Rodrigues *et al.* (1997) la aspersión de fitorreguladores, como el AG₃ a razón de 20 a 120 mg L⁻¹, pueden adelantar la cosecha de 30 a 42 días los higos ‘Roxo de Valinhos’; asimismo, Crane y Grossi (1960) lograron adelantar la cosecha, 25 días, con la aplicación de 80 mg L⁻¹ de AG₃ y, 15 días, con 20 o 40 mg L⁻¹, en higos ‘Mission’. Estos datos apoyan lo encontrado en el presente trabajo, ya que en la primera cosecha se adelantó la producción y en la segunda se retrasó.

4.4 Longitud, diámetro y peso

En general, los frutos de las plantas tratadas con bioactivadores fueron de mayor longitud (cm), diámetro (cm) y peso (g) comparados con los higos del tratamiento testigo. Lo anterior se puede observar en el Cuadro 3, donde en las fechas de corte del 16 de mayo al 16 de junio, los tratamientos con bioactivadores superan significativamente al testigo. Por el contrario, los higos ‘Netzahualcóyotl’ de las cosechas del 1 de mayo y del 1 de julio, los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Longitud (cm) de higos ‘Netzahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Primera etapa.

Tratamiento [†]	1 mayo	16 mayo	1 junio	16 junio	1 julio
T1	4.8 a [‡]	5.9 a	6.4 a	6.0 a	5.9 a
T2	5.0 a	5.8 a	6.3 a	6.1 a	6.1 a
T3	5.1 a	5.7 a	6.1 a	5.9 a	5.6 a
T4	4.9 a	5.3 b	5.4 c	5.4 b	5.6 a
T5	5.1 a	5.4 b	6.0 ab	6.0 a	5.8 a
T6	4.7 a	4.9 c	5.6 bc	5.2 b	5.5 a

[‡]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En la etapa 2, sólo hubo diferencias entre tratamientos en la fecha de cosecha 16 de octubre (Cuadro 4), donde el tratamiento T5 fue significativamente superior al testigo.

Cuadro 4. Longitud (cm) de higos ‘Netzahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Segunda etapa.

Tratamiento [†]	16 octubre	1 noviembre	16 noviembre
T1	5.9 ab ^z	5.3 a	4.9 a
T2	5.6 b	5.1 a	5.1 a
T3	6.0 ab	5.1 a	4.9 a
T4	5.6 b	5.0 a	5.2 a
T5	6.6 a	5.2 a	4.8 a
T6	5.5 b	5.0 a	4.9 a

^zMedias con letras iguales, no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Ambas etapas presentaron diferencias estadísticas al obtener higos de mayor longitud con relación al testigo. En este sentido y para la misma variedad, García-Ruiz *et al.* (2013) reportan una longitud de 10 cm, mientras que, Mendoza *et al.* (2016) obtuvieron frutos de 6.5 a 7.5 cm de largo; en ambos casos el cultivo se estableció en invernadero, hidroponía y sin la aplicación de bioactivadores, pero en plantas de mayor edad. Por otro lado, se reporta que la aplicación de 50 mg L⁻¹ de AG₃ incrementó 0.5 cm la longitud de higos ‘Roxo de Valinhos’ (Sampaio *et al.*, 1983), al igual que 20, 40 y 60 mg L⁻¹ de este compuesto en higos ‘Poona’ (Kurubar *et al.*, 2017). Los trabajos de Li *et al.*, (2011), Erogul y Sen (2015) y Kurlus *et al.*, (2017) señalan que la aspersion de AG₃ a razón de 30, 50 o 75 mg L⁻¹, en piña ‘Comte de Paris’, ciruela ‘Angelino’ y cereza ‘English Morello’, aumentan la longitud de los frutos. Este mismo efecto se observó con la aplicación de 10 mg L⁻¹ de TDZ, en uva ‘Recel Uzümü, 50 mg L⁻¹, en naranja ‘Washington’, 100 mg L⁻¹, en granada ‘Manfalouty’, y 10⁻⁵ M de triptófano, en chile (El Sayed *et al.*, 2014; Raza *et al.*, 2014; Kok y Bal 2016 y Ahmed *et al.*, 2017). También, las combinaciones de 10 mg L⁻¹ de TDZ con 50 mg L⁻¹ de AG₃ alargan el fruto en kiwi ‘Hayward’ (Famiani *et al.*, 2007). Por otro lado, en concentraciones de 500 mg L⁻¹ de AG₃ no se presentan cambios en la

longitud de arándano ojo de conejo; sin embargo, incrementan el peso individual de los frutos (Zang *et al.*, 2016).

Con referencia al diámetro, los higos ‘Netzahualcóyotl’ tratados con T1, T2, T3 y T5 presentaron diferencias estadísticas significativas de hasta más de 1 cm de ancho con respecto al testigo (Cuadros 5 y 6). El tratamiento T4 tuvo una respuesta similar al testigo (T6), los frutos fueron de menor diámetro en ambas etapas.

Se ha reportado que los tratamientos que contienen TDZ y AG₃ a razón de 1 a 5 mg L⁻¹ de TDZ, son efectivos para incrementar el diámetro en frutos de litchi, (Zeng *et al.*, 2012) y con 1, 10 y 50 mg L⁻¹ de AG₃ en pitahaya (Shariah *et al.*, 2014), así como, en lima mexicana (Ariza *et al.*, 2015). Por otro lado, las aplicaciones de AG₃ (20 a 80 mg L⁻¹) en higos ‘Mission’ y ‘Poona’ disminuyeron el diámetro de los frutos a medida que la concentración del compuesto aumentó (Crane y Grossi, 1960 y Kurubar *et al.*, 2017). Sampaio *et al.* (1983) no encontraron diferencias con 50 y 100 mg L⁻¹ de AG₃ en higos ‘Roxo de Valhinos’. En concentraciones altas de AG₃ (500 mg L⁻¹) el diámetro no cambió en arándano ojo de conejo (Zang *et al.*, 2016).

Cuadro 5. Diámetro (cm) de higos ‘Netzahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Primera etapa.

Tratamiento [†]	1 mayo	16 mayo	1 junio	16 junio	1 julio
T1	3.6 b ^z	4.5 a	5.3 a	5.5 a	5.5 a
T2	3.8 ab	4.6 a	5.4 a	5.7 a	5.7 a
T3	3.8 ab	4.5 a	5.5 a	5.8 a	5.6 a
T4	3.8 ab	4.1 c	4.4 c	4.6 b	4.7 b
T5	4.0 a	4.3 b	4.9 b	5.6 a	5.6 a
T6	3.8 ab	3.8 c	4.5 bc	4.6 b	4.7 b

^zMedias con letras iguales, no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Cuadro 6. Diámetro (cm) de higos ‘Netzahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Segunda etapa.

Tratamiento [†]	16 octubre	1 noviembre	16 noviembre
T1	6.0 a ^z	5.3 a	4.6 ab
T2	6.2 a	5.0 ab	4.7 ab
T3	6.1 a	4.9 b	4.3 b
T4	5.2 b	4.9 b	4.6 ab
T5	5.6 ab	5.3 a	4.8 a
T6	5.0 b	5.0 ab	4.7 ab

^zMedias con letras iguales, no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En relación con el peso de los higos ‘Netzahualcóyotl’ en la primera cosecha (Figura 11), éstos presentaron valores de 80 a 84 g con los tratamientos T1, T2, T3 y T5, mientras que, los frutos de los tratamientos con T4 y T6 tuvieron 57 y 60 g respectivamente; es decir, alrededor de 20 g menos en los frutos de la cosecha del 16 de junio. Esto concuerda con el mayor diámetro reportado en los cuadros anteriores y detectados en las curvas de crecimiento del fruto (Figura 4) luego de la primera aplicación en ambas cosechas evaluadas.

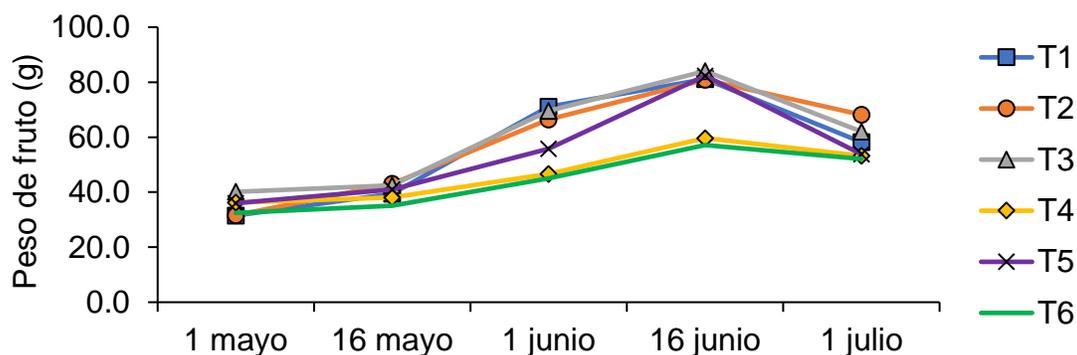


Figura 11. Peso promedio de fruto (g) ‘Netzahualcóyotl’ cultivado en invernadero. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En las cosechas del 16 de octubre y 1 de noviembre de la segunda etapa, el peso del fruto, con los tratamientos T1 y T5 (Figura 12) fueron los mejores en las cosechas del 16 de octubre y 1 de noviembre; después, el testigo (T6) superó a los tratamientos en la segunda etapa. García-Ruiz *et al.* (2013) mencionan que los frutos de higo ‘Nezahualcóyotl’ cultivados en invernadero tienen un peso superior, respecto a ‘Black Mission’ en campo.

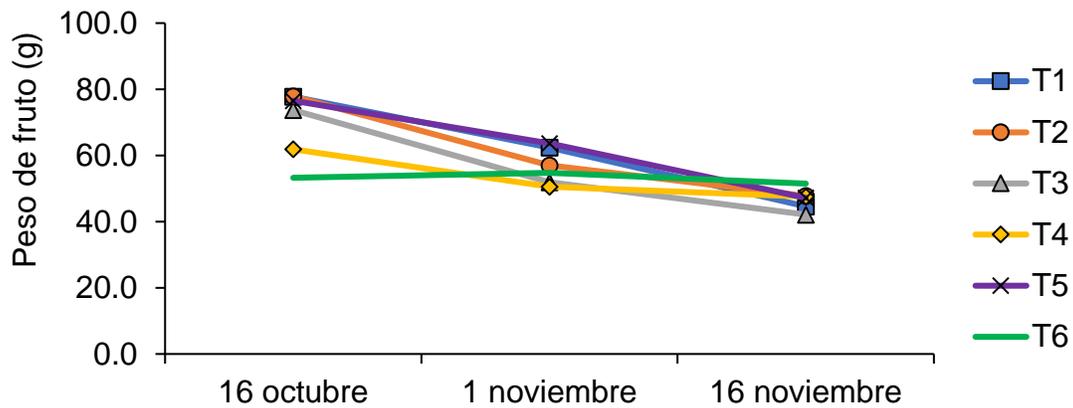


Figura 12. Peso promedio de fruto (g) de higos ‘Nezahualcóyotl’ cultivados en invernadero. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Los resultados en esta investigación, en higos ‘Nezahualcóyotl’, coinciden con los reportados en varios frutales (mango, piña, uva, dátil, arándano y litchi), donde las aplicaciones de TDZ (1 a 5 mg L⁻¹), de AG₃ (20 a 250 mg L⁻¹) y la combinación en diferentes concentraciones, incrementan el peso de los frutos (Hawerroth *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2011; Zeng *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2013; Mohamed *et al.*, 2014; Zang *et al.*, 2016; Gao *et al.*, 2017); así como, en col kimchi con 10 μmol·mol⁻¹ de ácido glutámico (Lee *et al.*, 2017) y con triptófano, en naranjas, mandarinas y granadas (Khuong *et al.* 2010 y El Sayed *et al.*, 2014). Pero difieren de los obtenidos por Kurubar *et al.*, (2017), Rodrigues *et al.* (1997) y Sampaio *et al.* (1983) en higos ‘Poona’, ‘Roxo de Valinhos’ donde el AG₃ redujo el peso.

Por otra parte, la aplicación de estos compuestos puede tener una respuesta inestable; por ejemplo, aumenta o disminuye el peso en arándanos 'Duke' y 'Bluecrop' con 200 mg L⁻¹ de AG₃ (Milić *et al.*, 2018). En fresa 'Chandler', el peso individual se redujo al existir competencia entre frutos con aspersiones de 75 ppm de AG₃ (Sharma y Singh 2009); esto provoca la abscisión de los frutos (Hawerroth *et al.*, 2011).

El tratamiento T4 tuvo un comportamiento similar al testigo; no mejoró las variables de longitud, diámetro y peso de los higos. Al respecto, Serna-Rodríguez *et al.* (2011) y Oertli (1987) señalan, que bioestimulantes como el ácido glutámico y la tiamina, son efectivos cuando las plantas se encuentran en condiciones de estrés y no en óptimo crecimiento en invernadero.

4.5 Color

El color de los higos 'Nezahualcóyotl' resultó afectado por los tratamientos. La tendencia fue el aumento en la coordenada cromática a* y chroma (C), respecto al testigo (primera etapa). En la segunda etapa se presentaron diferencias en la luminosidad (L).

Los valores obtenidos de a* variaron desde 10.90 hasta 19.26 (Cuadro 7). Los frutos de las plantas que recibieron los tratamientos T1 y T5 presentan un color púrpura, a diferencia del testigo que fue color rojo a púrpura. Respecto al chroma (C), los frutos de los tratamientos T1, T2 y T5 presentan mayor saturación, comparados con el testigo.

En la segunda etapa, los valores de luminosidad en los frutos con bioactivadores fueron inferiores al testigo; esto indica que los tratamientos ocasionan un obscurecimiento de los higos, en particular el tratamiento T3 (Cuadro 8), cuyo valor fue significativamente inferior al testigo.

Cuadro 7. Valores de color en la escala CIELab de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa.

Tratamiento [†]	L	a*	b*	C	Hue°
T1	29.09 a ^z	17.46 a	6.21 a	18.54 a	19.61 a
T2	29.10 a	16.27 ab	5.84 a	18.54 a	18.55 a
T3	28.88 a	16.21 ab	5.52 a	17.23 ab	18.03 a
T4	29.62 a	14.87 ab	3.55 a	14.04 ab	14.11 a
T5	33.46 a	19.26 a	4.46 a	19.78 a	12.98 a
T6	30.10 a	10.90 b	4.36 a	11.84 b	23.17 a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). L (luminosidad), a* (Coordenada cromática rojo/verde), b* (Coordenada cromática amarillo/azul), C (Chroma) y Hue° (ángulo de tono). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Cuadro 8. Valores de color en la escala CIELab en higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa.

Tratamiento [†]	L	a*	b*	C	Hue°
T1	30.93 ab ^z	16.62 a	2.19 a	16.78 a	7.60 a
T2	30.78 ab	16.84 a	2.42 a	17.01 a	8.20 a
T3	29.85 b	18.30 a	2.78 a	18.58 a	8.29 a
T4	30.75 ab	16.30 a	2.27 a	16.68 a	7.96 a
T5	30.51 ab	16.37 a	2.05 a	16.53 a	6.64 a
T6	31.25 a	16.54 a	2.02 a	16.67 a	6.82 a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). L (luminosidad), a* (Coordenada cromática rojo/verde), b* (Coordenada cromática amarillo/azul), C (Chroma) y Hue° (ángulo de tono). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En la Figura 13 se puede observar que los higos de las plantas que recibieron los tratamientos T1, T2, T3 y T5 en la primera etapa (dos aspersiones de los tratamientos) presentan áreas verdes en la parte superior, a diferencia de los tratamientos T4 y el

testigo sin áreas verdes y con color púrpura homogéneo y más brillante. Los frutos, en la segunda etapa, con bioactivadores presentaron menor superficie de color verde en la parte del cuello (Figura 14), probablemente como resultado de una sola aplicación de los tratamientos.

Las secciones verdes en los higos 'Netzahualcóyotl', podrían deberse a la presencia de cuatro compuestos en las aspersiones: TDZ, AG₃, ácido glutámico y triptófano. El primero actúa como citocinina, al mantener la clorofila en los tejidos (Mok y Mok, 2001); se ha señalado que el TDZ en litchi (1 a 5 mg L⁻¹) retrasó la coloración de los frutos y disminuyó el contenido de antocianinas (Zeng *et al.*, 2012). Ariza *et al.* (2015) indican que 1 mg L⁻¹ del mismo compuesto, mejoró el color verde en lima mexicana.

Por otro lado, la aspersión de AG₃ en altas concentraciones en mango (250 mg L⁻¹) induce la permanencia del color verde en la maduración de los frutos y en consecuencia reduce la calidad de los frutos (Gao *et al.*, 2017). También se ha registrado una evolución de color lenta en cerezas y pimientos tratados con AG₃, con retrasó en la maduración (Pérez *et al.*, 2015; Zhang y Whiting, 2011).

Los aminoácidos exógenos modifican el color de las especies; por ejemplo, Dawood y Sadak (2008) reportan aumento de la clorofila (a y b) con aplicaciones de 75 mg L⁻¹ triptófano en canola (*Brassica napus* L.), 15 mg L⁻¹ en maíz (Rao *et al.*, 2012) y con 10⁻³ M del aminoácido, se incrementaron ambas clorofilas y los carotenoides en la ornamental teresita (*Catharanthus roseus* L.) (Talaat *et al.*, 2005). Por otro lado, el ácido glutámico en litchi (500 a 1500 mg L⁻¹) y manzana (200 a 800 mg L⁻¹) favorece el color rojo en los frutos y promueven o incrementan los contenidos de antocianinas (Wang *et al.*, 2006 y Zeng *et al.*, 2012).

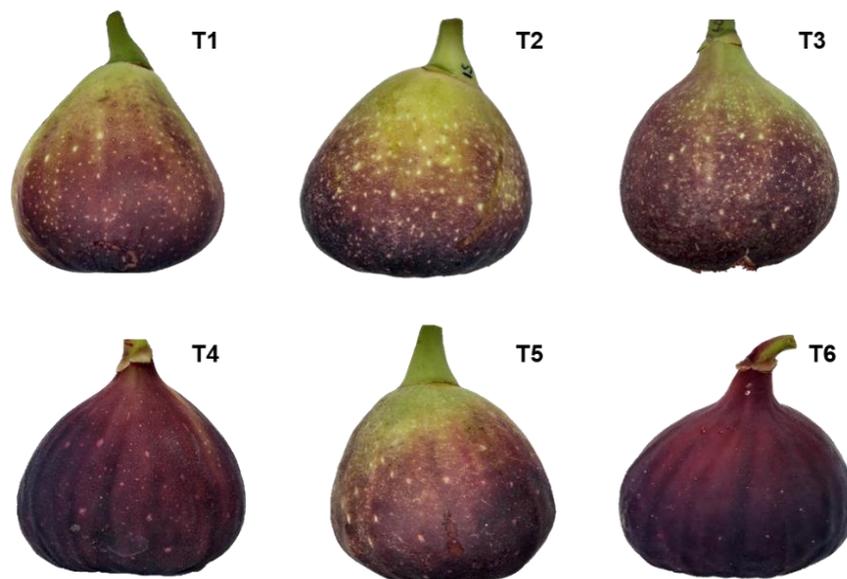


Figura 13. Color de los higos 'Netzahualcóyotl', cosechados en madurez de consumo. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

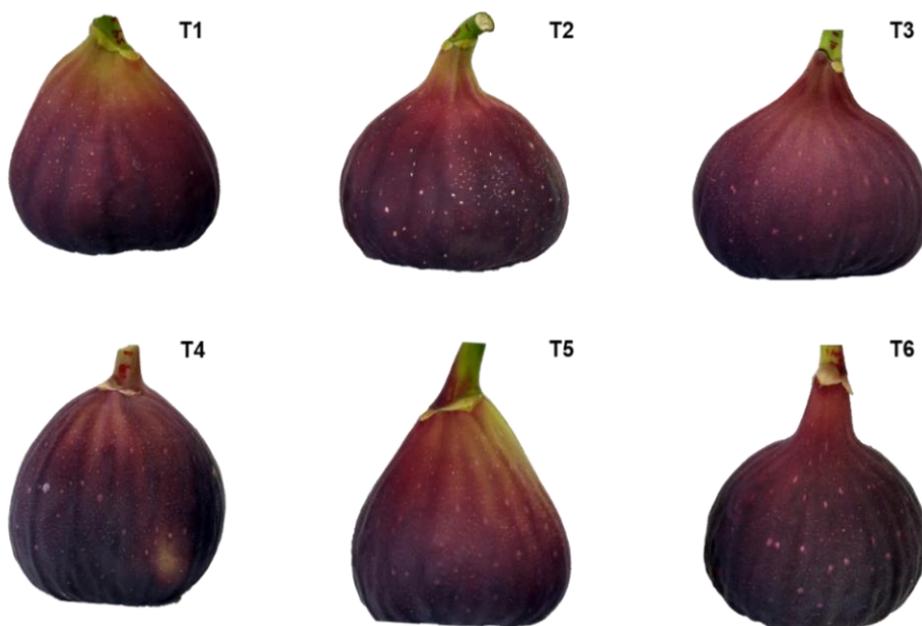


Figura 14. Color de los higos 'Netzahualcóyotl', cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En los higos, el color indica madurez y calidad (Crisosto *et al.*, 2010a). Los frutos de epidermis oscura tienen niveles altos de polifenoles, antocianinas, flavonoides y, mayor actividad antioxidante (Solomon *et al.*, 2006). Los valores de color de la epidermis, obtenidos en esta investigación, coinciden con los reportados para higos cosechados en madurez de consumo (Solomon *et al.*, 2006; Crisosto *et al.*, 2010b y Yemiş *et al.*, 2012).

Por otro lado, aunque los frutos adquirieron el color externo de higos maduros, la apariencia interna se modificó (Figura 15 y 16); el tejido floral permaneció de color rosa débil y opaco en los tratamientos con bioactivadores, mientras, el testigo fue color rojo y oscuro. Estas diferencias en la apariencia interna de los higos 'Netzahualcóyotl', son evidentes en los frutos que recibieron los tratamientos T1, T2, T3 y T5 en ambas etapas de producción; pero son, más claras en la primera etapa. La apariencia interna de los frutos del tratamiento T4, fue similar al testigo en las dos etapas. Finalmente, se considera que los tratamientos T1, T2, T3 y T5 alteran el color de la epidermis y la apariencia interna de los higos 'Netzahualcóyotl'. Se recomienda efectuar evaluaciones sensoriales, para determinar la aceptación de los higos por los consumidores.



Figura 15. Apariencia interna de los higos 'Netzahualcóyotl' cosechados en madurez de consumo. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).



Figura 16. Apariencia interna de los higos ‘Netzahualcóyotl’, cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

4.6 Firmeza

En la primera etapa de producción, algunos de los tratamientos con TDZ, AG₃, ácido glutámico y triptófano (T1, T2 y T3) aplicados a la higuera ‘Netzahualcóyotl’ aumentaron la firmeza de los frutos respecto al testigo (Figura 17). Al respecto, García-Ruiz *et al.* (2013) reportan que los higos de este cultivar suelen ser suaves, pero ellos no se indican valores de firmeza.

Los resultados en esta investigación, coinciden con los de Erogul y Sen (2015) quienes encontraron que concentraciones de 75 mg L⁻¹ de AG₃ incrementan la firmeza en ciruelas ‘Angelino’; lo mismo ocurre con 5 y 10 mg L⁻¹ de TDZ en manzanas ‘Gala’ (Petri *et al.*, 2001) y con la combinación de 25 mg L⁻¹ de AG₃ + 2.5 mg L⁻¹ de TDZ en uvas de mesa ‘Heukboseok’ (Jung *et al.*, 2015). El triptófano favorece la firmeza en naranja (Ahmed *et al.*, 2017) y manzana, ya que incrementa los niveles de Ca en los frutos (Wójcik *et al.*, 2016).

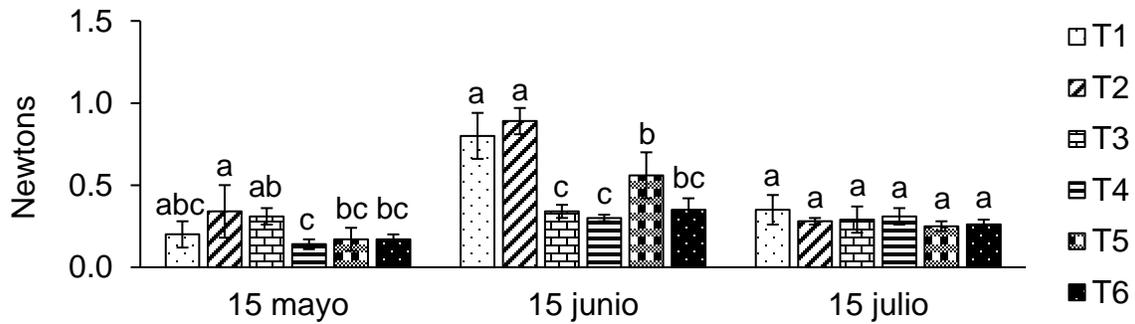


Figura 17. Firmeza de higos ‘Netzahualcáyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

En la segunda etapa de producción, en la fecha de corte del 15 de noviembre, la firmeza de los higos con efecto de los tratamientos T1 y T5, fueron inferiores al testigo (Figura 18). Ariza *et al.*, (2015) señalan que aspersiones de TDZ y ácido glutámico redujeron la firmeza en limas mexicanas. El TDZ disminuyó los niveles de Ca en los frutos, al incrementar los frutos por planta (Do Amarante *et al.*, 2002); este mineral es considerado un importante nutriente en la pulpa de las frutas, su función es promover la resistencia a la pared celular y se relaciona directamente con la firmeza (De Paula *et al.*, 2007). En mango ‘Kent’ se observó que a mayor concentración de Ca mayor firmeza en frutos (García-Martínez *et al.*, 2015).

Crisosto *et al.* (2010a) indican que la firmeza es menor en higos cosechados en madurez de consumo, con respecto a la madurez comercial. La firmeza es importante para la aceptación del consumidor; valores bajos puede resultar en rechazo del producto y aumenta el grado de lesiones mecánicas (Bahar y Litcher, 2018).

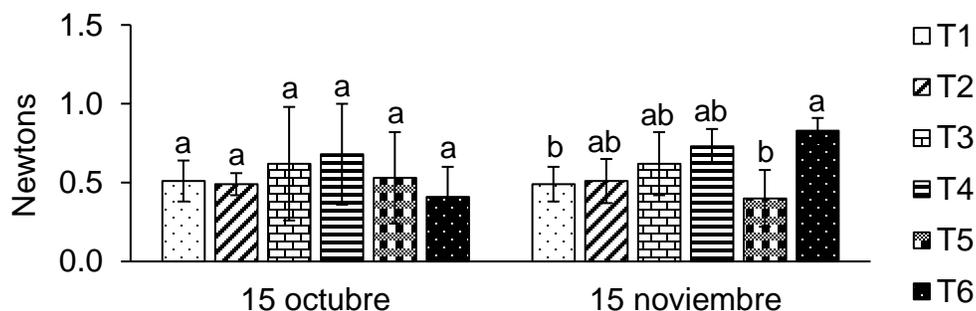


Figura 18. Firmeza de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

4.7 Acidez titulable (AT)

La acidez titulable no se vio afectada por ninguno de los tratamientos respecto al testigo (Figuras 19 y 20). Por el contrario, se reporta que el ácido glutámico mejora la acidez en frutos de lima mexicana (Ariza *et al.*, 2015). La tiamina también tiene efectos antioxidantes en las plantas (Jiménez-Arias *et al.*, 2018). Los valores de acidez obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Crisosto *et al.*, (2010b) en higos maduros en el árbol y sin bioactivadores.

Por otra parte, el tratamiento T2 provocó una disminución en el contenido de ácido cítrico en los higos ‘Netzahualcóyotl’, respecto al testigo, en la fecha de cosecha del 15 de julio (Figura 19). En este sentido, Sharma y Singh (2009) mencionan que 75 ppm de AG₃ disminuyeron la acidez de fresa. Por otro lado, el AG₃ incrementó la acidez titulable en higo ‘Poona’; conforme se aumentó la concentración y frecuencia de aplicación (Kurubar *et al.*, 2017).

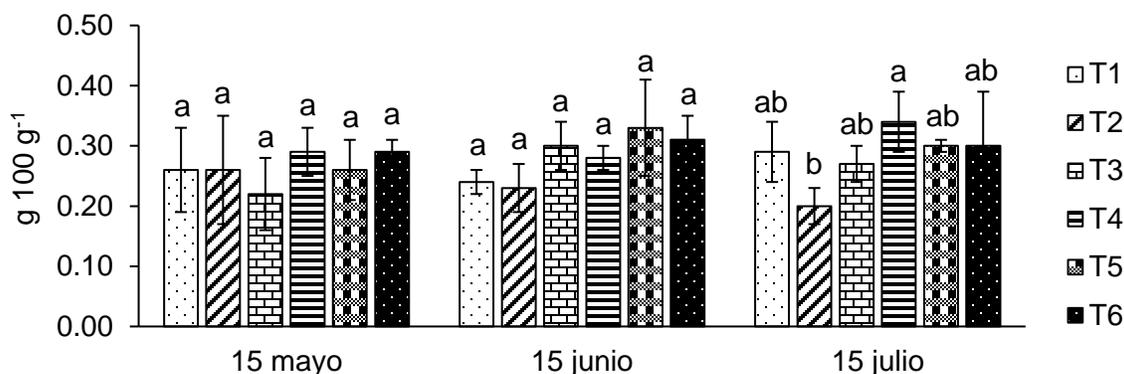


Figura 19. Acidez titulable de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

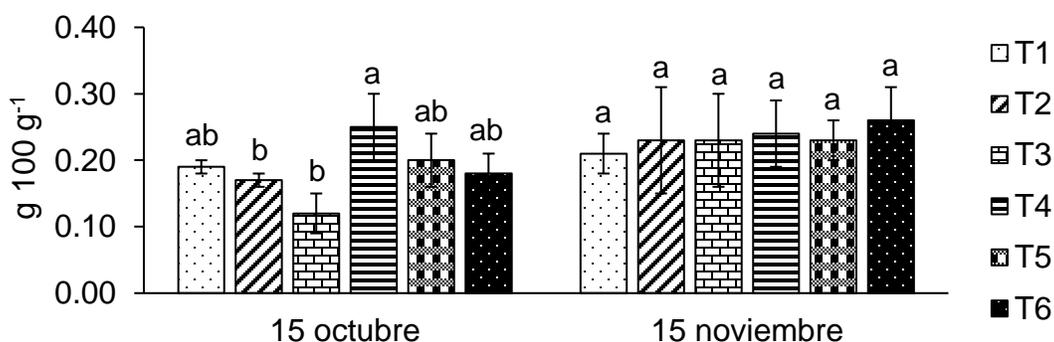


Figura 20. Acidez titulable de higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Por su parte Do Amarante *et al.*, (2003) indican que a mayor concentración de TDZ se disminuye la acidez en manzanas ‘Gala’ y ‘Fuji’; no obstante, Giehl *et al.* (2010) reportaron que la acidez se incrementó con el mismo compuesto en manzana ‘Gala’.

A diferencia de los azúcares, los ácidos orgánicos están presentes en bajas concentraciones en los higos (Slatnar *et al.*, 2011). En la composición acida orgánica del higo, predomina el ácido cítrico; y la acidez, junto con los azúcares componen el sabor.

Las preferencias del sabor cambian según la demanda de los consumidores (Polat y Caliskan, 2008).

4.8 Contenido de sólidos solubles totales (SST)

Cuando se detectaron diferencias significativas, los valores más bajos de SST en higos 'Netzahualcóyotl' se presentaron con el testigo (17.3 y 14.86), pero coinciden con los reportados por Mendoza *et al.* (2016) para el mismo cultivar, sin la aplicación de bioactivadores exógenos.

La aplicación de bioactivadores (T1, T2, T3, T4 y T5) en esta investigación, aumentaron los SST de los frutos en ambas etapas cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (15 de junio Figura 21, y 15 de noviembre, Figura 22). Al respecto, aplicaciones de TDZ en uva (Jung *et al.*, 2015); AG₃ en ciruela, piña, cereza y fresa (Sharma y Singh, 2009; Li *et al.*, 2011; Eroglu y Sen, 2016 y Zhang y Whiting, 2011), ácido glutámico en litchi (Zeng *et al.*, 2012) y triptófano en granada (El Sayed *et al.*, 2014) incrementan los SST en los frutos. Estos incrementos se asocian con la rápida transformación metabólica en compuestos solubles y mayor cantidad de polisacáridos que se convierten en azúcares reductores (Krishna *et al.*, 2012).

Por otro lado, con AG₃ se han registrado disminuciones del contenido de SST en higo 'Mission' y 'Poona' (Crane y Grossi 1960; Kurubar *et al.*, 2017), en fresa (Sharma y Singh, 2009) y mango (Gao *et al.*, 2017), el mismo efecto se observó con TDZ, en frutos de uchuva (*Physalis peruviana*) (Ghasemi y Alizadeh, 2018). Pasa *et al.*, (2017) reportan que concentraciones bajas de TDZ (20 a 60 mg L⁻¹) no afectaron los SST en pera.

La percepción del contenido de azúcares, puede indicar la tendencia de los consumidores, por lo que, altos contenidos de azúcares naturales en higos son deseables para los niños (Polat y Caliskan, 2008).

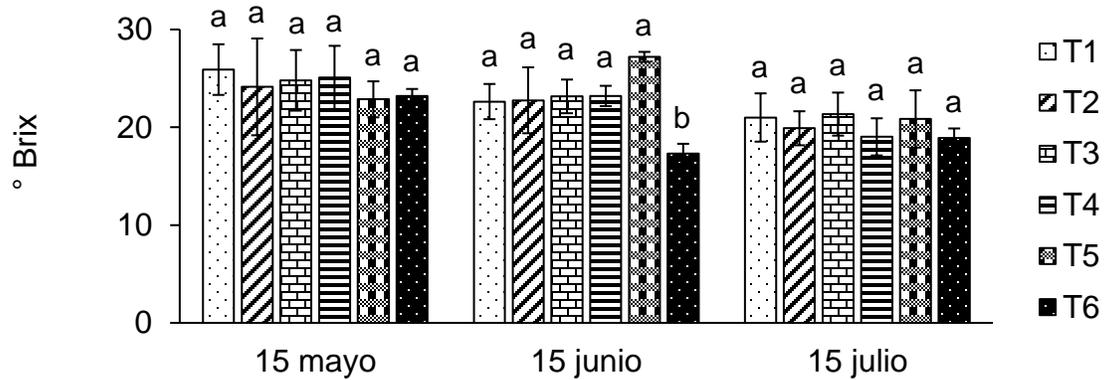


Figura 21. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) de higos ‘Netzahualcóyotl’, cultivados en condiciones de invernadero. Primera etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

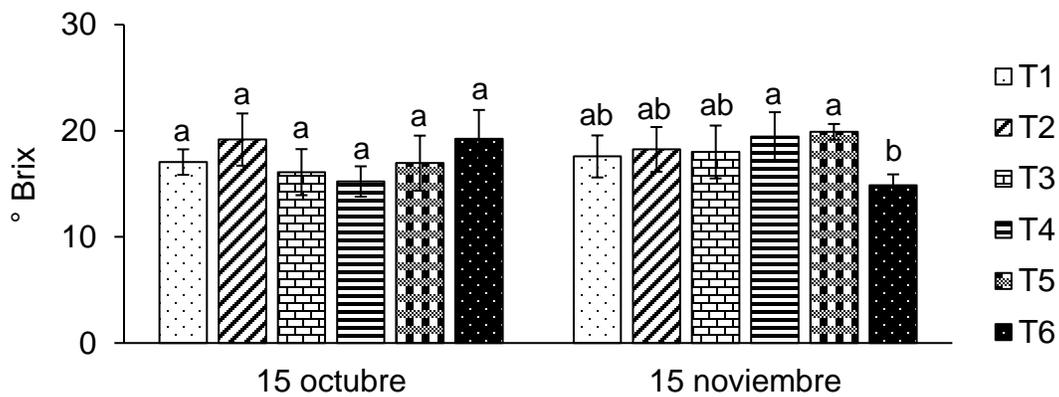


Figura 22. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) de higos ‘Netzahualcóyotl’, cultivados en condiciones de invernadero. Segunda etapa. Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

4.9 Relación SST/AT

Cuando se detectaron diferencias significativas (junio, julio y octubre) en la relación SST/AT, los mejores tratamientos fueron T2 (97.27) y T3 (99.96), respecto al testigo en ambas etapas (Cuadro 9). Los resultados en esta investigación son menores a los

reportados por Pereira *et al.*, (2017a) en higos para consumo en fresco, pero superan los de Crisosto *et al.*, (2010a). Según El Sayed *et al.* (2014), aplicaciones de 100 ppm de triptófano en granada mejoran la relación azúcar/ácido. Esta variable indica la aceptabilidad de los frutos, mejora conforme la maduración avanza y en general, el consumidor prefiere higos maduros con relaciones altas de azúcar/ácido (Crisosto *et al.*, 2010a).

La relación preferida cambia con el tipo de consumo (fresco o deshidratado) o mercado de los higos (Caliskan y Polat, 2008; Polat y Caliskan, 2008), difiere entre cultivares y es crucial para un sabor armonioso (Slatnar *et al.*, 2011). Por ejemplo, la relación alta de SST/AT es deseable para obtener higos deshidratados de calidad (Caliskan y Polat, 2008; Pereira *et al.*, 2017b).

Cuadro 9. Relación SST/Acidez de higos ‘Nezahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera y segunda etapa de producción

Tratamiento [†]	Primera etapa			Segunda etapa	
	15 mayo	15 junio	15 julio	15 octubre	15 noviembre
T1	103.00 a ^z	93.94 ab	76.42 ab	87.19 ab	83.24 a
T2	104.26 a	97.27 a	99.96 a	113.58 ab	81.78 a
T3	118.42 a	76.71 ab	80.56 ab	132.62 a	82.68 a
T4	84.58 a	80.63 ab	56.28 b	62.87 b	82.65 a
T5	88.99 a	85.11 ab	67.73 ab	85.59 ab	84.09 a
T6	78.72 a	55.35 b	59.03 b	109.19 ab	57.74 a

^zMedias con letras iguales, no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

Esta variable depende directamente de los cambios ocurridos en el contenido de sólidos solubles totales y la acidez en los higos ‘Nezahualcóyotl’, y es afectada por la aplicación de bioactivadores. Por lo tanto, la relación azúcar/acido se modificó en forma

favorable, al aumentar la relación, con respecto al testigo, en algunas de las fechas de medición.

4.10 Materia seca y humedad

La aplicación de los tratamientos con bioestimulantes no afectó los porcentajes de materia seca y humedad en la primera etapa de producción (Cuadro 10). En la segunda etapa, el menor contenido de materia seca de los higos se registró con el tratamiento T5 (8.98 %) y el mayor con el T2 (16.36%); sin embargo, ambos valores son inferiores a los obtenidos por Piga *et al.*, (2004) y Aljane y Ferchichi (2009).

Con relación al porcentaje de humedad en higos 'Netzahualcóyotl' (segunda etapa), el tratamiento T5 incrementó y superó en 10 % los valores reportados por Pawar *et al.*, (1992) para higos frescos; algo similar se ha reportado en diversos trabajos que indican que el porcentaje de humedad en higos frescos se encuentra cerca del 80 % (Doymaz, 2005; Yemiş *et al.*, 2012; Hiwale *et al.*, 2015 y Villalobos *et al.*, 2016).

Parađiković *et al.* (2011) indican que la aplicación foliar de bioestimulantes, en general tiene efectos positivos sobre los cultivos, no obstante, estas sustancias pueden reducir el contenido de materia seca; debido a la proporción y calidad de los bioestimulantes suministrados, además, de la época de aplicación (Kunicki *et al.*, 2010). Además, se debe considerar que los cambios en materia seca y humedad, pueden ser a consecuencia de los rasgos genéticos del cultivar, por condiciones ecológicas de crecimiento o prácticas agrícolas (Aljane y Ferchichi, 2009).

Cuadro 10. Porcentajes de materia seca y humedad en higos ‘Netzahualcóyotl’ cosechados en madurez de consumo. Primera y segunda etapa de producción.

Tratamiento [†]	Materia seca %				
	Primera etapa		Segunda etapa		
	15 mayo	15 junio	15 julio	15 noviembre	
T1	27.57 a ^z	19.35 a	17.89 a	11.11 ab	
T2	27.45 a	19.11 a	16.99 a	16.36 a	
T3	27.45 a	22.00 a	18.69 a	10.92 ab	
T4	21.06 a	20.30 a	16.64 a	10.86 ab	
T5	24.31 a	21.26 a	17.25 a	8.98 b	
T6	19.99 a	22.51 a	17.27 a	13.83 ab	
	Humedad %				
	T1	72.42 a	80.64 a	82.10 a	88.88 ab
	T2	73.61 a	80.88 a	83.01 a	83.63 b
	T3	72.54 a	77.99 a	81.30 a	89.08 ab
	T4	78.94 a	79.69 a	83.36 a	89.13 ab
	T5	75.68 a	78.73 a	82.73 a	91.01 a
	T6	80.00 a	77.49 a	82.10 a	86.17 ab

^zMedias con letras iguales, no son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$). [†]Tratamientos: T1 (100 mg L⁻¹ TDZ y 50 mg L⁻¹ AG₃), T2 (100 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ triptófano), T3 (50 mg L⁻¹ TDZ; 25 mg L⁻¹ AG₃ y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico), T4 (150 mg L⁻¹ ácido glutámico y 100 mg L⁻¹ tiamina), T5 (25 mg L⁻¹ TDZ; 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico) y T6 (Testigo).

5. CONCLUSIONES

La aplicación de bioactivadores no incrementa el rendimiento (kg planta⁻¹).

Los tratamientos con bioactivadores (T1, T2, T3 y T5) acortan el periodo de crecimiento de fruto 15 días, lo que se refleja en adelanto de la cosecha.

La aplicación de bioactivadores aumenta la calidad de los higos ‘Netzahualcóyotl’ pues se incrementó el tamaño, peso, firmeza, la AT, los SST y la relación de SST/AT; no

obstante, afectó el color en forma negativa (frutos de color desuniforme y con áreas verdes).

La aplicación combinada y dirigida de bioactivadores (TDZ, AG₃, ácido glutámico y tiamina) en higo 'Netzahualcóyotl' estimularon la brotación de yemas secundarias axilares en reposo (vegetativas o reproductivas); sin embargo, a las dosis estudiadas ocasionaron el aborto en ambos casos.

El número de aplicaciones de los tratamientos, tuvo relación con el tipo de yema que brotó; por lo que la aplicación repetida de los bioactivadores en forma combinada ocasionó la brotación de yemas vegetativas, mientras que, una sola aplicación promovió la emergencia más yemas reproductivas.

Con relación a las concentraciones, 25 mg L⁻¹ TDZ, 150 mg L⁻¹ triptófano y 150 mg L⁻¹ ácido glutámico estimularon la brotación del mayor número de yemas reproductivas.

La aspersión de combinaciones de TDZ, AG₃, ácido glutámico y tiamina claramente mejoran el tamaño de fruto luego de su aplicación logrando aumentos en el tamaño final de fruto; también estimulan la brotación de yemas secundarias axilares, lo cual potencialmente puede aumentar la calidad y el rendimiento. No obstante, se requiere más investigación para ajustar las dosis y verificar su efectividad.

6. LITERATURA CITADA

- Abbas S. H., M. Sohail, M. Saleem, T. Mahmood, I. Aziz, M. Qamar, A. Majeed and M. Arif. 2013. Effect of L-tryptophan on plant weight and pod weight in chickpea under rainfed conditions. *Sci. Tech. and Dev.* 32: 277–280.
- Ahmad J., I. Khan, S. Khan and D. Iqbal. 2013. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of *Ficus carica* leaves: an in vitro approach. *Journal of Plant Pathology and Microbiology* 4(1): 157.
- Ahmed F. K., N. A. Hamed, M. A. Ibrahim and A. M. ELazazy. 2017. Effect of tryptophan and some nutrient elements foliar application on yield and fruit quality of 'Washington' navel orange. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 9:86-97
- Ahn I. P., S. Kim and Y. H. Lee. 2005. Vitamin B1 functions as an activator of plant disease resistance. *Plant Physiology* 138: 1505–1515.
- Al-Hakimi A. M. A. and M. A. Hamada. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. *Biologia Plantarum* 44:253-261.
- Aljane F. and A. Ferchichi. 2009. Postharvest chemical properties and mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 209-212.
- Almaguer-Vargas G., J. R. Espinosa-Espinosa, A. Luna-Contreras y J. C. Paz-Solórzano. 2000. Aplicación de promotores de la brotación en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lind.) 'Shiro' y 'Santa rosa'. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 6(1): 111-115
- Alvarado-Raya H., J. Rodríguez-Alcázar, G. Calderón-Zavala y E. Cárdenas-Soriano. 2000. El thidiazuron, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia* 34:321-327.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. Helrich, K. (Ed.). 15th (Ed.). 2000 Wilson Blvd. Arlington, Virginia 22201.USA.
- Ariza F. R., A. A. Barrios, G. M. Herrera, M. F. Barbosa, A. M. Aceves, S. M. A. Otero y I. A. Tejacal. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(7): 1653-1666.

- Arjona H. D., J. E. Herrera, J. A. Gómez, and J. Ospina. 2004. Evaluation of the application of urea, molasses and amino acids on growth and yield of onion plants (*Allium cepa* L. Group cepa) in the Bogotá Savanna. *Agronomía Colombiana*. 22 (2): 177-184.
- Bahar A. and A. Lichter. 2018. Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit. *Scientia Horticulturae* 227: 196-201.
- Bahuguna R. N., R. Joshi, A. Shukla, M. Pandey and J. Kumar. 2012. Thiamine primed defense provides reliable alternative to systemic fungicide carbendazim against sheath blight disease in rice (*Oryza sativa* L.) *Plant Physiology and Biochemistry* 57: 159-167.
- Baldoni D. R. I., A. Ventura, L. M. Hernández, M. L. R. Corona, L. L. N. Barrera, Z. P. Correa y S. B. Bautista. 2016. Calidad postcosecha de higos 'Black Mission' tratados con cubiertas naturales. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 17: 267-275.
- Battacharyya D., B. M. Zamani, P. Rathor and B. Prithviraj. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 39-48
- Bianchi V. J., J. G. J. Casagrande, J. C. Fachinello and E. Z. Strelow. 1998. Maturação de figos cv. Roxo de Valinhos fora do período normal de colheita. *Revista Brasileira de Agrociencia* 4(3): 218-221
- Bisht T. S., L. Rawat, B. Chakraborty and V. Yadav. 2018. A Recent Advances in Use of Plant Growth Regulators (PGRs) in Fruit Crops - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(5): 1307-1336.
- Boubakri H., M. A. Wahab, J. Chong, C. Bertsch, A. Mliki and I. Soustre-Gacougnolle. 2012. Thiamine induced resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine and elicited host-defense responses, including HR like-cell death. *Plant Physiology and Biochemistry* 57: 120-133
- Bucić-Kojić A., M. Planinić, S. Tomas, S. Jokić, I. Mujić, M. Bilić, and D. Velić, D. 2011. Effect of extraction conditions on the extractability of phenolic compounds from lyophilised fig fruits (*Ficus carica* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 61(3): 195-199
- Calderón-Zavala G. y J. Rodríguez-Alcázar. 2000. Thidiazuron (n-phenil-n1 - (1, 2, 3-thidiazol-5-yl) urea) as a promoter of bud break on peach (*Prunus persica* L. Batsch)

- and japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 117-120
- Caliskan O. 2015. Chapter 56. Mediterranean figs (*Ficus carica* L.) functional food properties. *In: The Mediterranean Diet*. 2015.
- Calvo P., L. Nelson and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants *Plan Soil* 383: 3-41
- Campoy J. A., D. Ruíz and J. Ejea. 2010. Effects of shading and thidiazuron + oil treatment on dormancy breaking, blooming and fruit set in apricot in a warm-winter climate. *Scientia Horticulturae*. 125(3): 203-210.
- Cao Y. P., Z. K. Gao, J. T. Li, G. H. Xu, and M. Wang. 2010. Effects of extraneous glutamic acid on nitrate contents and quality of chinese chive. *Acta Horticulturae* 856: 91-98
- Colla G. and Y. Rouphael. 2015. Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 1-2.
- Colla G., S. Nardi, M. Cardarelli, A. Ertani, L. Lucini, R. Canaguier and Y. Rouphael. 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 28-38.
- Crane J. C. and N. Grossi. 1960. Effect of gibberellin on fruit and vegetative growth on the Mission fig. *Proceedings 14th Annu. Res. Conf. Calif. Fig Inst.*, 1960. 16-21 pp.
- Crane J. C., N. Marei and M. M. Nelson. 1970. Ethrel speeds growth and maturity of figs. *California Agriculture*. 24(3): 8-10
- Crisosto C. H., V. Bremer, L. Ferguson and G. M. Crisosto. 2010b. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience* 45: 707–710
- Crisosto C. H., V. Bremer, M. Norton, L. Ferguson, and T. Einhorn. 2010a. Preharvest ethephon eliminates first crop figs. *HortTechnology* 20(1): 173:178
- Dawood M. G. and M. S. Sadak. 2008. Physiological response of canola plants (*Brassica napus*) to tryptophan and benzylalanine. *Seria Agronomie* 50: 198-207.
- De Pascale S., Y. Rouphael and G. Colla. 2017. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *Eur. J. Hortic. Sci.* 82(6): 277-285

- De Paula, L. A., J. dos S. Isepon and L. de S. Corrêa. 2007. Qualidade pós-colheita de figos do cv Roxo-de-Valinhos com aplicação de cloreto de cálcio e fungicidas. *Maringá*. 29(1): 41-46
- Dias G. E., N. J. Vieira and F. Villa. 2011. Utilização de fitorreguladores na cultura da figueira 255-266pp. *In*: S. Leonel, & A. Costa Sampaio, A figueira (p. 395). São Paulo, Brasil: Editora Unesp.
- Do Amarante C. V. T., C. A. Megguer and L. E. B. Blum. 2003. Efeitos da pulverização pré-colheita com thidiazuron sobre a qualidade e a maturação de frutos em macieiras. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* 25(1): 59-62.
- Do Amarante C. V. T., P. R. Ernani, L. E. B. Blum and C. A. Megguer. 2002. Thidiazuron effects on shoot growth, return bloom, fruit set and nutrition of apples. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:1365-1371
- Doymaz I. 2005. Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering*. 71: 403-407
- du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3-14
- Dueñas M., J. J. Pérez-Alonso, C. Santos-Buelga and T. Escribano-Bailón. 2008. Anthocyanin composition on fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 107-115.
- EBIC (European Biostimulants Industry Council). 2018. <http://www.biostimulants.eu/>
- El Sayed O. M., O. H. M. El Gammal and A. S. M. Salama. 2014. Effect of proline and tryptophan amino acids on yield and fruit quality of 'Manfalouty' pomegranate variety. *Scientia Horticulturae*. 169: 1-5
- El-Bassiouny H. M. S. 2005. Physiological responses of wheat to salinity alleviation by nicotinamide and tryptophan. *International Journal Agriculture & Biology*. 7: 653–659.
- El-Bassiouny H. M. S. and A. A. Adbel-Monem. 2016. Role of tryptophan or prozac (5-hydroxytryptamine) on some osmolytes and antioxidant defense system of sunflower cultivars grown in saline soil. *International Journal of Chem Tech Research*. 9(6):107-120.

- El-Zawahry A. M. and A. M. Hamada, A. M. 1994. The effect of soaking seeds in ascorbic acid, pyridoxine or thiamine solutions on nematode (*Meloidogyne javanica*) infection and on some metabolic processes in egg plant. *Assiut J. Agric. Sci.* 25: 233–248
- Erogul D., and F. Sen. 2015. Effects of gibberellic acid treatments on fruit thinning and fruit quality in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl). *Scientia Horticulturae*. 186, 137–142
- Erogul D., and F. Sen. 2016. The effect of preharvest gibberellic acid applications on fruit quality of ‘Angelino’ plums during storage. *Scientia Horticulturae*. 202, 111-116
- Espíndola-Barquera M. de la C., R. Cano-Medrano, J. Rodríguez-Alcázar y P. Sánchez-García. 2008. Amarre de fruto en aguacate "Hass" con aplicaciones de AG3, N y anillado. *Agricultura Técnica en México*, 34(4):407-419.
- Fagundes E., J. L. Petri, L. C. Argenta, F. J. Hawerth and M. Couto. 2017. Effect of thidiazuron concentration and application period on ‘royal gala’ apple fruiting and production. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 39(4): 1-10
- Famiani F., P. Proietti, M. Pilli, A. Battistelli and S. Moscatello. 2007. Effects of application of thidiazuron (TDZ), gibberellic acid (GA₃), and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) on fruit size and quality of *Actinidia deliciosa* ‘Hayward’. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 341-347
- FAOSTAT. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estadísticas). 2013. Base de datos de la FAO. <http://faostat3.fao.org/home/E>
- FAOSTAT. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estadísticas). 2016. Base de datos de la FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Farooq H., H. N. Asghar, M. Y. Khan, M. Saleem and Z. A. Zahir. 2015. Auxin-mediated growth of rice in cadmium-contaminated soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39: 272–276
- Ferrante A., D. A. Hunter, W. P. Hackett and M. S. Reid. 2002. Thidiazuron - a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstroemeria*. *Postharvest Biology and Technology*. 25(3): 333-338.
- Freiman Z. E., V. Rodov, Z. Yablovitz, B. Horev and M. A. Flaishman. 2012. Preharvest application of 1-methylcyclopropene inhibits ripening and improves keeping quality of ‘Brown Turkey’ figs (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae* 138: 266–272.

- Freiman Z. E., Y. Rosianskey, R. Dasmohapatra, I. Kamara and M. A. Flaishman. 2015. The ambiguous ripening nature of the fig (*Ficus carica* L.) fruit: a gene-expression study of potential ripening regulators and ethylene-related genes. *Journal of Experimental Botany*. 66(11): 3309-3324
- Galindo-Reyes M. A., V. A. González-Hernández, A. Muratalla-Lúa, M. R. Soto-Hernández y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10(2): 205-209.
- Gao, Z., M. Hu, M. Zhu, M. Li, J. Wen, P. Fan, D. Gong, Y. Chen and C. Zhao. 2017. Effects of pre-harvest GA₃ spraying on yield, quality and storability of mango fruit. *Journal of Fruit Science*. 34: 744-751
- García-Martínez J. L. and P. Hedden. 1997. Gibberellins and fruit development. 264-285p. *In: Phytochemistry of fruit and vegetables*. Tomás-Barberan, F. A., Robins, R. J. (eds). Oxford Sciences Publications. New York. U.S.A. 375p.
- García-Martínez R., A. López-Jiménez, C. Saucedo-Veloz, S. Salazar-García y J. Suárez-Espinosa. 2015. Maduración y calidad de frutos de mango 'Kent' con tres niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 665-678.
- García-Ruiz M. T., V. M. Mendoza-Castillo, E. Valadez-Moctezuma and A. Muratalla-Lúa. 2013. Initial assessment of natural diversity in Mexican fig landraces. *Genetics and Molecular Research* 12: 3931-3943.
- Gerdts M. and G. Obenauf. 1972. Effects of preharvest applications of ethephon on maturation and quality of calmyrna figs. *California Agriculture*. 26(5): 8-9.
- Ghasemi B. and S. S. Alizadeh. 2018. Effects of thidiazuron application on size, quality and storage life of physalis (*Physalis peruviana* L.) fruit in hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*. 8(4): 103-116
- Giehl R. F. H., I. Sestari, A. C. Eisermann and A. Brackmann. 2010. Thidiazuron affects the quality of 'Gala' apples stored under controlled atmosphere. *Ciência Rural*. 40: 813-819.
- Glass A. D. M., Y. Erner., T. Hunt, H. J. Kronzucker, M. Okamoto, S. Rawat, S. Silim, J. K. Schjoerring, M. Y. Siddiqi, J.J. Vidmar, M. Y. Wang and D. Zhuo. 1999. Inorganic

- Nitrogen Absorption by Plant Roots. In: Gissel-Nielsen G., Jensen A. (eds) Plant Nutrition — Molecular Biology and Genetics. Springer, Dordrecht
- Gowan. 2002. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. División Agrícola. Mexicali, B. C. México.
- Goyer A. 2010. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. *Phytochemistry* 71: 1615–1624.
- Hamada A. M. and L. M. V. Jonsson. 2013. Thiamine treatments alleviate aphid infestations in barley and pea. *Phytochemistry* 94:135-141.
- Hamada A. M., A. M. El-Zawahry and A. M. Al-Hakimi. 2001. Vitamin treatments for control of *Meloidogyne javanica* on egg plants. *J. Russ. Phytopathol. Soc.* 2: 67–74.
- Harzallah, A., A. M. Bhourri, Z. Amri, H. Soltana and M. Hammami. 2016. Phytochemical content and antioxidant activity of different fruit parts juices of three figs (*Ficus carica* L.) varieties grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*. 83: 255-267.
- Hawerroth F. J., F. G. Herter, J. C. Fachinello, J. L. Petri, M. E. Prezotto, L. B. Hass, and A. Pretto. 2011. Aumento da produção de pereira asiática pelo uso de fitorreguladores. *Ciência Rural*, Santa Maria. 41 (10): 1750-1754.
- Himerlick D. G. 1999. Fig production guide. Alabama cooperative extension system. Disponible en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1145/ANR-1145.pdf> Fecha de consulta: 15 de julio 2016.
- Hirai J., N. Hirata and H. Tada. 1967. Effect of oleification on hastening the maturity of the fig fruit. I. On time of application and kinds of oils. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 35(4): 354-360.
- Hiwale S. 2015. Fig (*Ficus carica*) 159-175 pp. In: *Sustainable Horticulture in Semiarid Dry Lands*. Springer, New Delhi.
- Huang H., G. Jing, H. Wang, X. Duan, H. Qu and Y. Jiang. 2014. The combined effects of phenyl urea and gibberellins on quality maintenance and shelf life extension of banana fruit during storage. *Scientia Horticulturae* 167: 36–42.
- Huang W. H., H. L. Ji, G. Gheysen and T. Kyndt. 2016. Thiamine-induced priming against root-knot nematode infection in rice involves lignification and hydrogen peroxide generation. *Molecular Plant Pathology* 17(4): 614-624.

- Jiang Z., J. Li and L. J. Qu. 2017. 2-Auxins. *In: Hormone Metabolism and Signaling in Plants*. Li, J., Li, C. and Smith, S. M. (eds.). pp. 39-76
- Jiménez-Arias D., F. J. García-Machado, S. Morales-Sierra, C. Garrido-Orduña, A. A. Borges, F. V. González and J. J. C. Luis. 2018. Chapter 7- Vitamins and Environmental Stresses in Plants. *In: Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress* Ahmad, P., Abass, A. M., Pratap, S. V., Kumar, T. D., Alam, P. and Nasser, A. M. (eds). 145-152pp.
- Jung M. H., B. H. Lee, Y. S. Park, J. P. Oh, H. S. Kim and H. S. Park. 2015. Characteristics of the fruits and flesh softening delay induced by GA₃ and Thidiazuron (TDZ) Treatment in 'Heukboseok' Grape. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 33: 186-195.
- Kauffman G.L., D. P. Kneivel and T. L. Watschke. 2007. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci*. 47: 261-267
- Khuong T., Y. Zheng, C. Chao and C. Lovatt. 2010. Foliar applied tryptophan, a precursor of IAA biosynthesis, increases fruit set and fruit size of citrus. *Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Plant Growth Regulation Society of America, Portland, Oregon, USA, 8-12 August 2010* 2010 pp.97-101 ref.9
- Kislev M. E., A. Hartmann and O. Bar-Yosef. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science* 312: 1372-1374.
- Kok D. and E. Bal. 2016. Seedless Berry Growth and Bioactive Compounds of cv. 'Recel Uzümü (*V. vinifera* L.) as affected by application doses and times of pre-harvest thidiazurón. *Erwerbs-Obstbau* 58(4): 253-258.
- Krishna H., B. Das, B. L. Attri, A. Kumar and N. Ahmed. 2012. Interaction between different pre and postharvest treatment on shelf life extension of Oregon Spur apple. *Fruits* 67(1): 31–40.
- Kunicki E., A. Grabowska, A. Sękara and R. Wojciechowska. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae* 22(2): 9-13.
- Kurlus R., S. Świerczyński, K. Rutkowski, H. Ratajkiewicz, A. Malinowska and A. Wyrwał. 2017. Exogenous 'GA₃' and 'GA₄₊₇' effects on phenological indices, frost hardiness

- and quality properties of 'English Morello' sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 16: 99-109.
- Kurubar A. R., Alloli, T. B., Naik, M. K. and Angadi, S. G. 2017. Effects of gibberellic acid on growth, yield and fruit quality of fig (*Ficus carica* L.). *Acta Horticulturae* 1173: 183-188
- Lee B. H. N., Y. H. Kwon, Y. S. Park and H. S. Park. 2013. Effect of GA₃ and Thidiazuron on Seedlessness and Fruit Quality of 'Kyoho' Grapes. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 31:135-140
- Lee H. J., J. S. Kim, S. G. Lee, S. K. Kim, B. Mun and C. S. Choi. 2017. Glutamic acid foliar application enhances antioxidant enzyme activities in kimchi cabbages leaves treated with low air temperature. *Horticultural Science and Technology*. 35: 700-706
- Leite G.B., J. L. Petri, M. Couto and F. J. Hawerth. 2010. Increasing apple fruit set on "Condessa" using growth regulators. *Acta Horticulturae* 884: 537-544
- Li Y., Y. Wu, B. Wu, M. Zou, Z. Zhang and G. M. Sun. 2011. Exogenous gibberellic acid increases the fruit weight of 'Comte de Paris' pineapple by enlarging flesh cells without negative effects on fruit quality. *Acta Physiologiae Plantarum* 33: 1715-1722.
- Lima L. C., M. S. C. Dias, M. V. de Castro, R. N. Martins, J. P. M. Ribeiro, and S. E. de Barros. 2005. Conservação pós-colheita de figos verdes (*Ficus carica* L.) cv. Roxo de Valinhos tratados com hipoclorito de sódio e armazenados sob refrigeração em atmosfera modificada passiva. *Ciência e Agrotecnologia*. 29(4): 810-816
- Liu J., R. Zhang, Y. Sun, Z. Liu, W. Jin and Y. Sun. 2016. The beneficial effects of exogenous melatonin on tomato fruit properties. *Scientia Horticulturae* 207: 14-20.
- Lucero V. G. 2013. Estrategias para el cultivo de higuera, *Ficus carica* L. en una zona de humedad residual en Baja California Sur. Tesis de Maestría en Desarrollo Agropecuario de Zonas Áridas. 78p.
- Lv D. G., C. Yu, L. Yang, S. J. Qin, H. Y. Ma, D. G. Du, G. C. Liu and S. Khanizadeh. 2009. Effects of foliar applied L-glutamic acid on the diurnal variations of leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge.). *European Journal of Horticultural Science* 74 : 204-209.

- Macías R. H., Ma. M. Villa C, A. V. Muñoz, M. A. V. Velásquez, M. G. Rivera y M. C. T. Potisek. 2013. Enraizamiento y brotación de vareta de higuera en contenedores de plástico cerrados: resultados preliminares. *AGROFAZ* 13: 37-44.
- Macnish A. J., C. Z. Jiang and M. S. Reid. 2010. Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *Postharvest Biology and Technology* 56:77-84.
- Maia M., D. Lopes de Siqueiram and P. R. Cecon. 2010. Produção, florescimento e frutificação de tangerineira 'Poncã' submetida à aplicação de ácido giberélico *Ciência Rural*, 40(3): 507-512.
- Mansour M. M. F. 2000. Nitrogen containing compound and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant* 43, 491–500.
- Marei N. and J. C. Crane. 1971. Growth and respiratory response of fig (*Ficus carica* L. cv. Mission) fruits to ethylene. *Plant Physiology* 48:249-254
- Marei N. and R. Romani. 1971. Ethylene-stimulated synthesis of ribosomes, ribonucleic acid, and protein in developing fig fruits. *Plant Physiology* 48: 806-808
- Maxie E. C. and J. C. Crane. 1967. 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid: effect on ethylene production by fruits and leaves of fig tree. *Science* 155: 1548-1550
- Melgarejo P. 2000. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas vol. I. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. Mundi-Prensa y AMV Ediciones. Madrid, 382 pp.
- Melgarejo P., J. J. Martínez, J. J. Hernández, F. Hernández, D. M. Salazar and R. Martínez. 2007. Preliminary results on fig soil-less culture. *Scientia Horticulturae*. 111(3): 255-259.
- Mendoza C. V. M. 2013. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L.) en la producción forzada bajo cubierta plástica. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 86p.
- Mendoza-Castillo V. M., J. M. Vargas-Canales, G. Calderón-Zavala, M. C. Mendoza-Castillo and A. Santacruz-Varela. 2016. Intensive production systems of fig (*Ficus carica* L.) under greenhouse conditions. *Experimental Agriculture* 53: 339-350.
- Meza-Izquierdo M. 1998. Bioestimulantes, una oportunidad para incrementar los rendimientos de resina de pino (*Pinus caribae* Morelet, *P. tropicalis* Morelet y *P. cubensis* Griseb). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 4:300-304.

- Milić B., J. Tarlanović, Z. Keserović, N. Magazin, M. Miodragović and G. Popara. 2018. Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Scientia Horticulturae* 235: 214-220.
- Mohamed S. A., M. A. Awad and A. D. Al-Qurashi. 2014. Antioxidant activity, antioxidant compounds, antioxidant and hydrolytic enzymes activities of 'Barhee' dates at harvest and during storage as affected by pre-harvest spray of some growth regulators. *Scientia Horticulturae* 167: 91–99
- Mok D.W.S and M.C. Mok. 2001. Cytokinin metabolism and action. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52: 89-118.
- Mok M. C., D. W. S. Mok, D. J. Armstrong, Y. Shudo, K. Isogai, and T. Okamoto. 1982. Cytokinin activity of N-phenyl-N'-1, 2, 3, -thiadiazol-5-ylurea (Thidiazuron) *Phytochemistry*, 21: 1509–1511.
- Mondal Md. F., Md. Asaduzzamana, H. Tanaka and T. Asao. 2015. Effects of amino acids on the growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* under autotoxicity in closed hydroponic culture. *Scientia Horticulturae* 192: 453-459.
- Mondal, Md. F., Md. Asaduzzamana, Y. Kobayashi, T. Band and T. Asao. 2013. Recovery from autotoxicity in strawberry by supplementation of amino acids. *Scientia Horticulturae* 164: 137-144.
- Mozafar A. and J. J. Oertli. 1992. Uptake and transport of thiamin (vitamin B1) by barley and soybean. *J. Plant Physiol.* 159: 436–442.
- Mozafar A. and J. J. Oertli. 1993. Thiamin (vitamin B1): Translocation and metabolism by soybean seedling. *J. Plant Physiol.* 142:438–445.
- Muñoz V. J. A., M. R. Palomo, H. R. Macías, M. G. Rivera y G. A. Esquivel. 2015. Dinámica del crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-túneles. *AGROFAZ* 5: 133-141.
- Mustafa A., A. Hussain, M. Naveed, A. Ditta, Z. Nazli and A. Sattar. 2016. Response of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to soil and foliar applied L-tryptophan. *Soil Environ*, 35(1): 76-84.
- Mustafa A., M. Imran, M. Ashraf and K. Mahmood. 2018. Perspectives of using L-tryptophan for improving productivity of agricultural crops: a review. *Pedosphere*. 287: 16-34.

- Nienow A. A., A. Chaves, C. R. Lajús and E. O. Calvete. 2006. Produção da figueira em ambiente protegido submetida a diferentes épocas de poda e número de ramos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28(3): 421-424.
- Nieto C. C., A. P. Jarrín and E. N. Pinto. 2007. El higo *Ficus carica* L. "Manual de producción, uso y aprovechamiento". Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. 36p.
- Nisler J. 2018. TDZ: Mode of action, use and potential in agriculture. *In: Ahmad, N. and Faisal, M. 2018. Thidiazuron: From Urea Derivative to Plant Growth Regulator. Gateway East, Singapore. Springer Nature Singapore. 37-60 pp.*
- Oertli J. J. 1987. Exogenous application of vitamins as regulators for growth and development of plants - a review. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde* 150(6): 375-391.
- Oukabli A. and A. Mekaoui. 2012. Dormancy of fig cultivated under Moroccan conditions. *American Journal of Plant Sciences* 3:473-479.
- Owino W. O., Y. Manabe, F. M. Mathooko, Y. Kubo and A. Inaba. 2006. Regulatory mechanisms of ethylene biosynthesis in response to various stimuli during maturation and ripening in fig fruit (*Ficus carica* L.). *Plant Physiology and Biochemistry* 44:335-342.
- Palego L., L. Betti, A. Rossi and G. Giannaccini. 2016. Tryptophan biochemistry: structural, nutritional, metabolic, and medical aspects in human. *Journal Amino Acids* 2016. ID 8952520.
- Pan B. Z., Y. Luo, M. S. Chen, J. L. Li and Z. F. Xu. 2016. Thidiazuron increases fruit number in the biofuel plant *Jatropha curcas* by promoting pistil development. *Industrial Crops and Products*. 81: 202-210.
- Parađiković N., T. Vinković, V. I. Vinković, I. Žuntar, M. Bojić and M. Medić-Šarić. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Science of Food and Agriculture*, 91(12): 2146-2152.
- Pasa M. S., C. P. Da. Silva, B. Carra, A. F. Brighenti, A. L. K. De. Souza and J. L. Petri. 2017. Thidiazuron (TDZ) increases fruit set and yield of 'Hosui' and 'Packham's Triumph' pear trees. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(4): 3103-3110

- Pawar S. G., D. N. Kulkarni, D. M. Shere, K. N. Kulkarni and V. K. Patil. 1992. Effect of pretreatments on chemical composition and drying rates of solar dried figs. *Indian Food Pack* 1:39
- Peña A. y G. Fischer. 1993. El cultivo del brevo *Ficus carica* en la zona alta de Colombia. *AGRO-Desarrollo* 4: 231-243
- Peraza-Padilla W., J. Rosales-Flores, A. Esquivel-Hernández, I. Hilje-Rodríguez, R. Molina-Bravo y P. Castillo-Castillo. 2013. Identificación morfológica, morfométrica y molecular de *Meloidogyne incognita* en higuera (*Ficus carica*) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 24(2): 337-346.
- Pereira C., M. J. Serradilla, A. Martín, M. del C. Villalobos, F. Pérez-Gragera and M. López-Corrales. 2015. Agronomic behavior and quality of six fig cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae* 185:121-128.
- Pereira C., M. J. Serradilla, F. Pérez-Gragera, A. Martín, M. C. Villalobos and M. López-Corrales. 2017a. Evaluation of agronomic and fruit quality traits of fig tree varieties (*Ficus carica* L.) grown in Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15(3): e0903
- Pereira C., M. López-Corrales, M. C. Villalobos, M. Guía-Córdoba and M. J. Serradilla. 2017b. Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain). *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2017/6302109>
- Pérez J. M., N. M. Pazos, M. J. López, A. Gálvez, P. Varó and F. M del Amor. 2015. Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae* 194: 188-193.
- Pérez-Madrid G., G. Almaguer-Vargas, R. Maldonado-Torres, E. Avitia-García y A. M. Castillo-González. 2005. Anillado y ácido giberélico en la producción, calidad del fruto y nivel nutrimental en mandarina 'Mónica'. *Terra Latinoamericana*. 23(2): 225-232.
- Petri J. L., E. Schuck and G. B. Leite. 2001. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. *Rev. Bras. Frutic.* 23:513-517.
- Pichyangkura R. and S. Chadchawan. 2015. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 49-65.

- Piga A., I. Pinna, K. B. Özer, M. Agabbio and U. Aksoy. 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss International Journal of Food Science and Technology. 39: 793- 799.
- Pillietteri L. J., I. Bertling, T. Khuong, C. Chao and C. J. Lovatt. 2010. Foliar-applied tryptophan increases total yield and fruit size of navel orange and clementine mandarin. Acta Hort. 884:729-736.
- Polat, A. and O. Caliskan. 2008. Fruit characteristics of table fig (*Ficus carica*) cultivars in subtropical climate conditions of the Mediterranean region. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 36: 107-115
- Puech A. H., C. A. Rebeiz and J. C. Crane. 1976. Pigment changes associated with application of Ethephon ((2- chloroethyl) phosphonic acid) to fig (*Ficus carica* L.) fruits. Plant Physiology 57:504-509
- Rademacher W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. Journal of Plant Growth Regulation. 34: 845-872.
- Rai V. K. 2002. Role of amino acid in plant responses to stresses. Biologia Plantarum 45: 481-487.
- Rao S. R., A. Qayyum, A. Razzaq, M. Ahmad, I. Mahmood and A. Sher. 2012. Role of foliar application of salicylic acid and L-tryptophan in drought tolerance of maize. Journal of Animal and Plant Sciences 22: 768-772.
- Rapala-Kozik M. 2011. Vitamin B1 (thiamine): a cofactor for enzymes involved in the main metabolic pathways and an environmental stress protectant. Adv. Bot. Res. 58, 37–91.
- Raza S., S. Kanwal, T. Aziz, A. Ali, Dr. Parveen, M. Azhar, S. U. Noor and A. Q. Wahla. 2014. Growth and yield responses of chilli (*Capsicum annuum* L.) to exogenously applied L-tryptophan. International Journal of Modern Agriculture 3: 51-55.
- Ribeiro S. E., P. M. De Campos, S. L. De Sousa, R. V. Gonçalves, J. Anchieta De Assunção Pionório and E. Almeida. 2010. Qualidade da uva 'Superior Seedless' com aplicações de benzi adenina combinadas ou não com ácido giberélico. Revista Caatinga 23: 144-148.

- Rodov V., Y. Vinokur and B. Horev. 2012. Brief postharvest exposure to pulsed light stimulates coloration and anthocyanin accumulation in fig fruit (*Ficus carica* L.) Postharvest Biology and Technology. 68:43-46
- Rodrigues A. C., J. C. Fachinello and J. B. da Silva. 1997. Antecipação e uniformização da maturação de figos cv. Roxo de Valinhos com uso de fitoreguladores e óleo de oliva. Rev. Bras. Agrociência 3: 69-73
- Rosianski Y., Z. E. Freiman, S. C. Milo, Z. Yablovitz, Z. Kerem and M. A. Flaisman. 2016. Advanced analysis of developmental and ripening characteristics of pollinated common-type fig (*Ficus carica* L.). Scientia Horticulturae 198: 98-106.
- Sabovljevic A., M. Sabovljevic and V. Vukojevic. 2010. Effects of different cytokinins on chlorophyll retention in the moss *Bryum argenteum* (Bryaceae). Periodicum Biologorum 112(3): 301-305.
- Sadak S. H. M., M. T. Abdelhamid and U. Schmidhalter. 2015. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. Acta Biológica Colombiana 20:141-152.
- Sadder M. T. and A. F. Ateyyeh. 2006. Molecular assessment of polymorphism among local Jordanian genotypes of the common fig (*Ficus carica* L.). Scientia Horticulturae. 107(4): 347-351.
- Saeed M. A. and A. W. Sabir. 2005. Trance elements in the fruit of *Ficus carica* L. and their nutritional importance. Hamdard Medicus (Pakistan) 48(4): 113-117.
- Sakakibara H. 2010. Cytokinin biosynthesis and metabolism. *In*: Plant hormones, de P. J. Davies, 95-114. New York: Springer.
- Sala M. F. 1976. El cultivo de la higuera breval. Hojas divulgadoras. 23/24. Ministerio de Agricultura de España. Madrid. 20p.
- Sampaio V. R., A. M. Matsue, M. P. Colombo, A. F. L. Olitta and D. Barbin. 1983. Aplicação de reguladores de crescimento em figos produzidos fora da época normal. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 40: 101-108.
- SAS Institute. 2002. SAS/ETS User's Guide. Release 9.1 SAS Institute. Cary, N.C. USA. 559p.
- Savvas D. and G. Ntatsi. 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. Scientia Horticulturae 196: 66-81

- Sayed S. A. and M. A. A. Gadallah. 2002. Effects of shoot and root application of thiamin on salt-stressed sunflower plants. *Plant Growth Regul.* 36, 71–80.
- Serna-Rodríguez J. R., R. Castro-Brindis, M. T. Colinas-León, J. Sahagún-Castellanos y J. E. Rodríguez-Pérez. 2011. Aplicación foliar de ácido glutámico en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 17: 9-13
- Shariah S. N., M. R. Razifah, A. S. Mamat and M. A. Adzemi. 2014. Application of gibberellic acid (GA₃) in stem cutting of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*): effects on fruit quality and yield at harvest. *Journal of Biology Agriculture and Healthcare* 4: 51-55
- Sharma R. R. and R. Singh. 2009. Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Scientia Horticulturae* 119: 430-433
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2018. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Consulta: mayo 2018)
- Slatnar A., U. Klancar, F. Stampar and R. Veberic. 2011. Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 59:11696-11702
- Soberón J. R., E. N. Quiroz, A. R. Sanspietro and M. A. Vattuone. 2005. Giberelinas. Disponible en línea: <http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores-vegetales2005/>
- Solomon A., S. Golubowicz, Z. Yablownicz, S. Grossman, M. Bergman, H. E. Gorrilieb, A. Altman, Z. Kerem, and M. A. Flaishman. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7717-7723
- Souza, A. P de., A. C. da Silva, S. Leonel and J. F. Escobedo. 2009. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. *Revista Brasileira Fruticultura.* 31(2): 314-322.
- Sponsel V. M. and P. P. Hedden. 2010. Gibberellin Biosynthesis and Inactivation. *In Plant hormones*, de P. J. Davies, 63-94. New York: Springer.
- Tabli N., A. Rai, L. Bensidhouma, G. Palmieri, M. Gogliettino, E. Cocca, C. Consiglio, F. Cillo, G. Bubici and E. Nabti. 2018. Plant growth promoting and inducible antifungal activities of irrigation well water-bacteria. *Biological Control.* 117: 78-86.

- Taiz L. and E. Zeiger. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates Publisher. USA. 623 p.
- Talaat I. M., M. A. Bekheta, and M. H. Mahgoub. 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agriculture & Biology 7: 210–213.
- Tarantino A., F. Lops, G. Disciglio and G. Lopriore. 2018. Effects of plant biostimulants on fruit set, growth, yield and fruit quality attributes of ‘Orange rubis®’ apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivar in two consecutive years. Scientia Horticulturae 239:26-34.
- Tecchio M. A., M. Moura, J. L. Hernandes, E. J. Paioli-Pires, M. Terra and S. Leonel. 2009. Efeito do ácido giberélico nas características ampelométricas dos cachos de uva 'A Dona' e 'Marte'. Scientia agraria 10: 297-304.
- Torres-Zambrano J. P., J. I. Cortés-Flores, A. Turrent-Fernández, E. Hernández-Romero y Muratalla-Lúa A. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. Terra Latinoamericana. 26(3): 265-273.
- Tunc-Ozdemir M. G. Miller, L. Song, J. Kim, A. Sodek, S. Koussevitzky, A. N. Misra, R. Mittler and D. Shintani. 2009. Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in Arabidopsis. Plant Physiology. 151, 421–432.
- Vázquez-Valdivia V. y M. H. Pérez-Barraza. 2006. Dosis y épocas de aplicación de ácido giberélico en la floración y cosecha del mango ‘Ataulfo’. Revista Fitotecnia Mexicana. 29(3): 197-202.
- Veberic R., M. Colaric and F. Stampar. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. Food Chemistry. 106(1): 153-157
- Vieira E. L., G. S. D. Souza, A. R. D. Santos, S. J. D. Santos. 2010. Manual de fisiologia vegetal. São Luis: EDUFMA. 230 p.
- Villalobos M. C., M. J. Serradilla, A. Martín, C. Pereira, M. López-Corrales and M. G. Córdoba. 2016. Evaluation of different drying systems as an alternative to sun drying for figs (*Ficus carica* L). Innovative Food Science and Emerging Technologies. 36:156-165.
- Vinson J. A., L. Zubik, P. Bose, N. Samman, and J. Proch. 2005. Dried fruits: Excellent *in vitro* Antioxidants. Journal of the American College of Nutrition. 24(1): 44-50.
- Wang L. J., Z. H. Wang, Z. Q. Li and Y. Zhu. 2006. Promotion of L-glutamic acid on anthocyanin accumulation of ‘Fiji’ apples. Journal of Fruit Science. 23: 157–160.

- Wang S. Y., G. L. Steffens and M. Faust. 1986. Breaking bud dormancy in apple with a plant bioregulator, thidiazuron. *Phytochemistry*. 25(2):311-317.
- Weiss, D. and N. Ori. 2007. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. *Plant Physiology* 144: 1240–1246
- Wójcik, P., A. Skorupinska and H. Gubbuk. 2016. Impacts of pre- and post-bloom sprays of tryptophan on calcium distribution within 'Red Jonaprince' apple trees and on fruit quality. *HortScience* 51:1511-1516.
- Yang, C.W., C. C. Lin and C. H. Kao. 1999. Endogenous ornithine and arginine content and dark induced proline accumulation in detached rice leaves. *Journal of Plant Physiology* 155 (6): 665 - 668.
- Yemiş O., E. Bakkalbaş and N. Artik. 2012. Changes in pigment profile and surface colour of fig (*Ficus carica* L.) during drying. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 1710-1719.
- Yu C., D. G. Lv, S. J. Qin, L. Yang, H. Y. Ma and G. C. Liu. 2010. Changes in photosynthesis, fluorescence, and nitrogen metabolism of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) in response to exogenous glutamic acid. *Photosynthetica* 48: 339-347.
- Zahir A. Z., M. A. Malik and M. Arshad. 2000. Improving crop yields by the application of an auxin precursor L-tryptophan. *Pakistan Journal Biological Sciences* 3: 133-135.
- Zahir A. Z., M. A. R. Malik and M. Arshad. 1999. Effect of auxins on the growth and yield of rice. *Pakistan J. Agri. Sci.*, 36: 3-4
- Zang Y., I. Chun, L. Zhang, S. Hong, W. Zheng and K. Xu. 2016. Effect of gibberellic acid application on plant growth attributes, return bloom, and fruit quality of rabbiteye blueberry. *Scientia Horticulturae*. 200: 13-18.
- Zeng L. G., J. L. Liao and H. B. Chen. 2012. Effects of glutamic acid and TDZ (Thidiazuron) on the fruit coloration and quality of *Litchi chinensis* Sonn. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* 20: 382-387.
- Zhang C. and M. D. Whiting. 2011. Pre-harvest foliar application of Prohexadione-Ca and gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of 'Bing' sweet cherry. *Plant Growth Regul.* 65, 145–156.
- Zhang C., K. Tanabe, F. Tamura, K. Matsumoto and A. Yoshida. 2005. ¹³C-photosynthate accumulation in Japanese pear fruit during the period of rapid fruit growth is limited by

the sink strength of fruit rather than by the transport capacity of the pedicel. *Journal Experimental Botany* 56: 2713-2719.

Zhang X. and R. E. Schmidt. 1997. The impact of growth regulators on the α -tocopherol status in water-stressed *Poa pratensis* L. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 8. 1364 - 2137.

ANEXOS

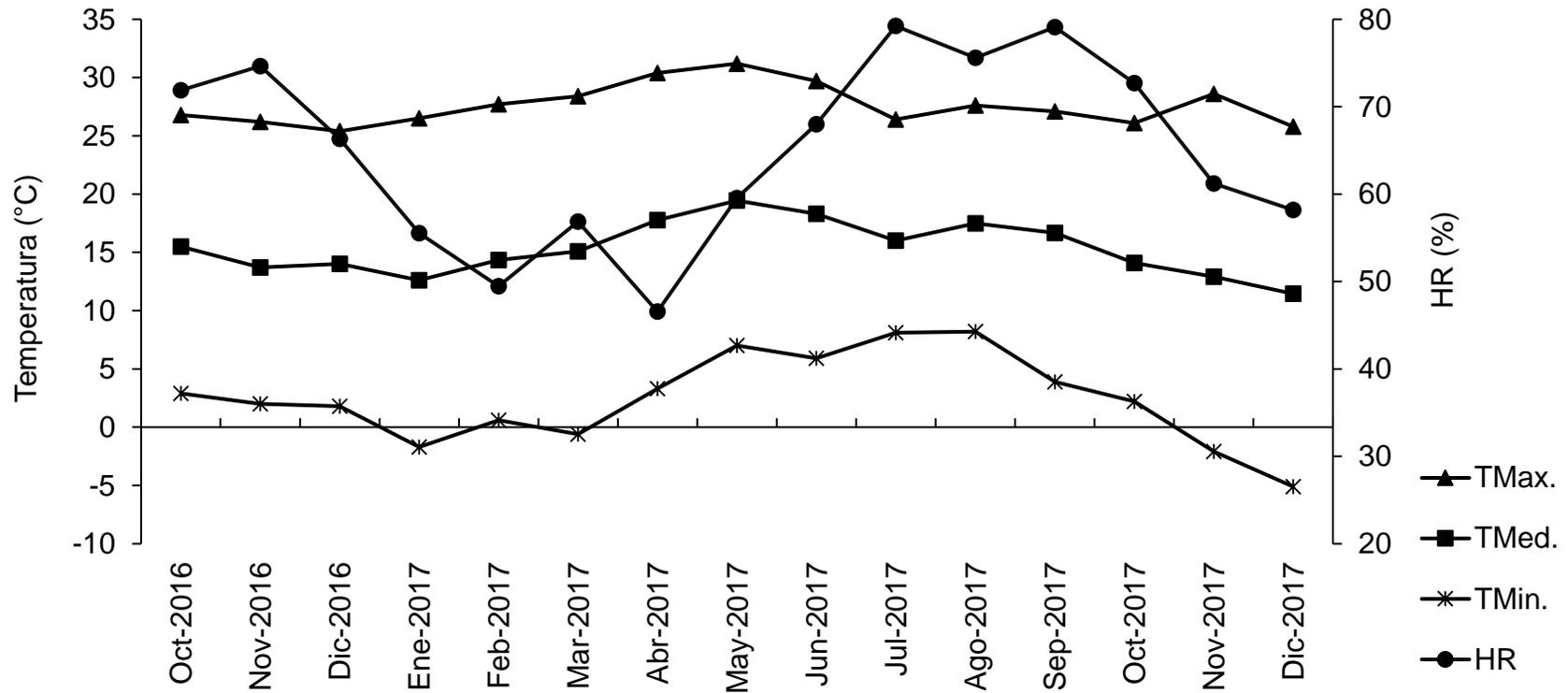


Figura 23. Temperaturas (máxima, media y mínima) y Humedad relativa ambiental durante el desarrollo del experimento.

Fuente: Estación Automática Davis, Modelo Vantage Pro Plus.

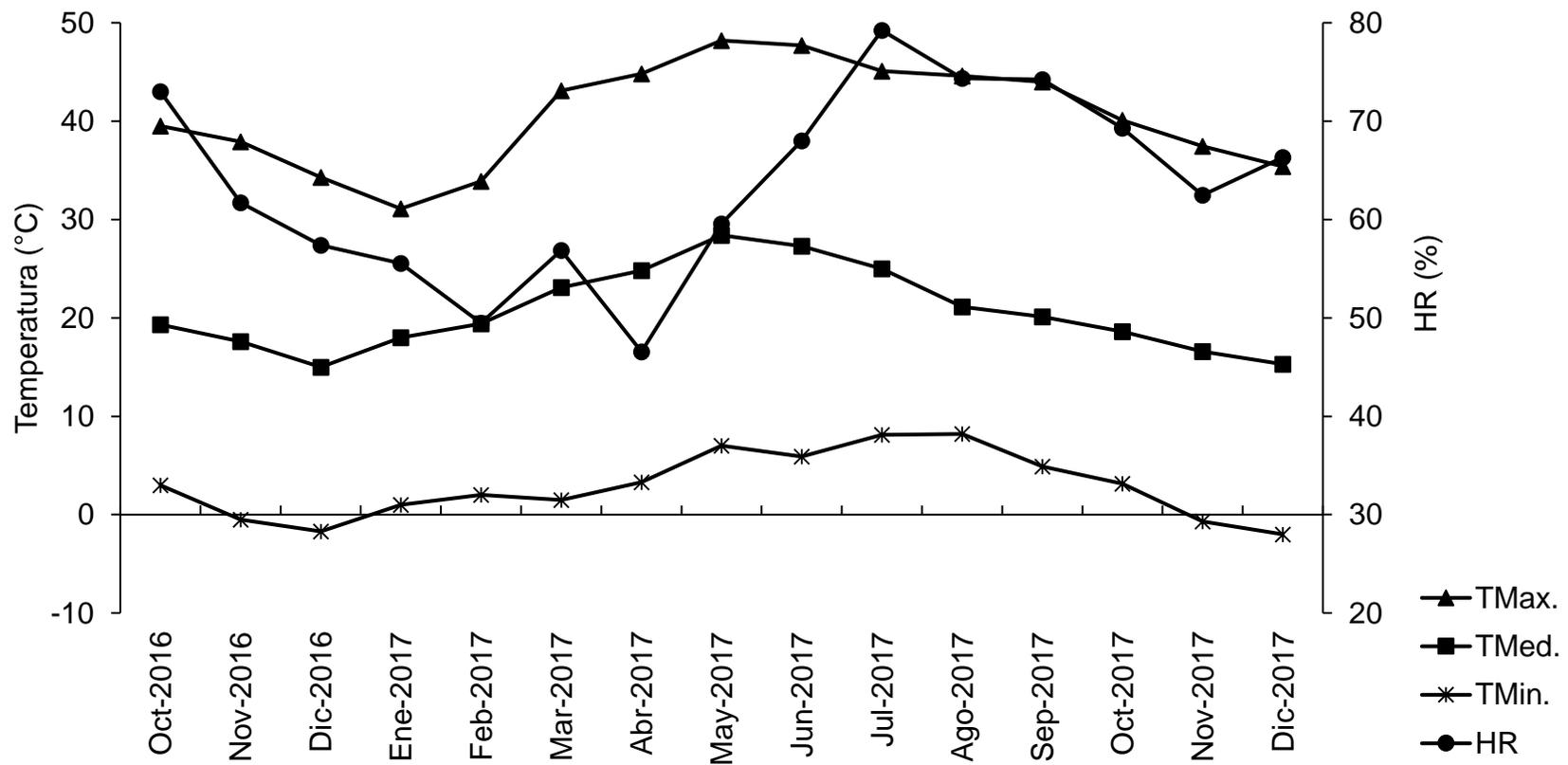


Figura 24. Temperaturas (máxima, media y mínima) y Humedad relativa dentro del invernadero durante el desarrollo del experimento. Tomadas con un equipo Dataloger Jobo® (Sunset, U. S. A.).