



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

“EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTO DE HIGO (*Ficus carica* L.) CON
APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR, TRASLOCADO POR QUELATOS EDTA Y
GLICINA”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

MARCO ANTONIO REYES GUTIÉRREZ

No. De Cuenta: 0913839

Generación 40

Modalidad: Tesis Individual

ASESORES:

DR. OMAR FRANCO MORA

DR. AARÁN AQUILINO MORALES PÉREZ



CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO” PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA.
MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México, la Facultad de Ciencias Agrícolas, por ser mi hogar durante estos cinco años, donde he crecido tanto personal y profesionalmente.

A mis profesores, a todo el personal que labora en ésta institución, los conocimientos tan valiosos que nos unen como hermandad.

A mi asesor de tesis el Dr. Aarán Aquilino Morales Pérez, por sus consejos, su apoyo y paciencia durante la realización de este trabajo, además de impulsarme a terminar el proceso de titulación.

Al Dr. Omar Franco Mora por su apoyo durante la elaboración de este trabajo y permitirme ser parte del equipo del Laboratorio de Horticultura.

Al profesor M. en C. Juan Salomón Castaño por su apoyo a lo largo de todo el proceso de titulación, además de brindarme su amistad.

A mis compañeros y amigos que tuve durante la carrera, siempre tendré buenos recuerdos de todos ustedes.

DEDICATORIA

A mis padres: José Luis y María Angélica porque sin ustedes no lo hubiera logrado, gracias a su esfuerzo, paciencia y dedicación fue posible culminar este trabajo, gracias por estar conmigo en todo momento, por la oportunidad de brindarme una carrera y creer en mí.

A mis tías: Lilia e Imelda por darme su gran apoyo incondicional.

A la vida, al destino y todas las personas que son parte de mi vida y a las que ya no lo son, porque contribuyeron a que yo decidiera ser Ingeniero Agrónomo.

RESUMEN

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTO DE HIGO (*Ficus carica* L.) CON APLICACIÓN DE CALCIO FOLIAR, TRASLOCADO POR QUELATOS “EDTA” Y “GLICINA”

Reyes Gutiérrez Marco Antonio. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Asesores: Dr. Omar Franco Mora, Dr. Aarán Aquilino Morales Pérez.
Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMéx. E-mail:
ofrancom@uaemex.mx, aram_morper@yahoo.com.mx

El higo (*Ficus carica* L.) se caracteriza por ser una infrutescencia altamente perecedera debido a su alta susceptibilidad al ablandamiento y daños mecánicos. Durante las últimas décadas, los estudios de conservación de fruta fresca se han centrado en la aplicación de nuevas tecnologías poscosecha para conseguir aumentar la vida útil de la fruta y mantener durante el mayor tiempo posible la calidad original de la fruta fresca. Algunos estudios comprueban que la aplicación de calcio (Ca^{+2}) aumenta la vida útil del fruto. Sin embargo, la baja movilidad del calcio en el floema y su baja translocación a partir del lugar de aplicación, pueden limitar el efecto de calcio *in situ*. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de los frutos de la higuera, con variables biofísicas y bioquímicas, durante su crecimiento y poscosecha, por el efecto de la translocación quelante del calcio a la infrutescencia, cuando es aplicado foliarmente. El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Alfajayucan, Estado de Hidalgo. Se realizaron nueve tratamientos de los cuales en cinco tratamientos se empleó el aminoácido glicina aplicado simultáneamente con cloruro de calcio

(1.6 mM+0.5%, 1.6 mM+1.0%, 3.2 mM+0.5%, 3.2 mM+1.0%, 3.2 mM+1.5%), en tres tratamientos se empleó el quelato EDTA aplicado simultáneamente con cloruro de calcio (2.68 mM+0.5%, 2.68 mM+1.0%, 2.68 mM+1.5%) y un control (0 mM glicina, 0 mM EDTA y 0% CaCl₂). Las muestras obtenidas en precosecha y poscosecha fueron transportadas al Laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México donde se evaluaron las variables en precosecha: peso fresco, diámetro polar/ecuatorial y contenido de calcio (Ca); y variables poscosecha: pérdida de peso, firmeza y color. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las variables peso fresco, diámetro polar/ecuatorial y firmeza, sin embargo, para las variables pérdida de peso, contenido de calcio y color si hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) siendo el tratamiento control el que mostró las infrutescencias con el menor contenido de calcio ($0.103\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y una considerable pérdida de peso (49.3% a los 7 días después de cosecha) en contraste con las infrutescencias de los tratamientos 1.6 mM glicina+1.0% CaCl₂ y 2.69 mM EDTA+1.5% CaCl₂ que obtuvieron resultados positivos para estas mismas variables: 30.5% y $2.74\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 29.9% y $3.59\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente.

Palabras clave: percedera, translocación, quelato, EDTA, glicina.

ABSTRACT

EVALUATION OF QUALITY OF FIG FRUIT (*Ficus carica* L.) WITH FOLIAR CALCIUM APPLICATION, TRANSLOCATED BY CHELATES "EDTA" AND "GLYCINE"

Reyes Gutiérrez Marco Antonio. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Asesores: Dr. Omar Franco Mora, Dr. Aarón Aquilino Morales Pérez.
Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMéx. E-mail: ofrancom@uaemex.mx, aram_morper@yahoo.com.mx

The fig (*Ficus carica* L.) is characterized as a highly perishable infructescence due to its high susceptibility to softening and mechanical damages. During the last decades, the conservation studies of fresh fruit have focused on the application of new post-harvest technologies to increase the useful life of the fruit to maintain the original quality of fresh fruit as long as possible. Some studies prove that the application of calcium (Ca^{+2}) increases the useful life of the fruit. However, the low mobility of calcium in the phloem and its low translocation from the place of application can limit the effect of calcium *in situ*. Therefore, the objective of this work was to evaluate the quality of the fruits of the fig tree with biophysical and biochemical variables, during the development and post-harvest, by the effect of calcium chelating translocation to the infructescence, when it is applied foliarly. The work was done in Alfajayucan municipality, State of Hidalgo, Mexico. Nine treatments were performed of which five of them employed the amino acid glycine applied simultaneously with calcium chloride (1.6 mM+0.5%, 1.6 mM+1.0%, 3.2 mM+0.5%, 3.2 mM+1.0%, 3.2

mM+1.5%), in three treatments the EDTA chelate was applied simultaneously with calcium chloride (2.68 mM+0.5%, 2.68 mM+1.0%, 2.68 mM+1.5%) and a control (0 mM glicina, 0 mM EDTA y 0% CaCl₂). The samples obtained in pre-harvest and post-harvest were transported to Horticultural Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences, UAEMéx., where were evaluated pre-harvest variables: fresh weight, polar/equatorial diameter and calcium content (Ca); and post-harvest variables: weight loss, firmness and color. The statistical analysis showed no significant differences ($p \leq 0.05$) for the variables: fresh weight, polar/equatorial diameter and firmness, nevertheless, for the variables weight loss, calcium content and color there were significant differences ($p \leq 0.05$). The control treatment showed the infructescences with the lowest calcium content ($0.103\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) and a considerable loss of weight (49.3% 7 days after harvest) compared to the infructescences of treatments 1.6 mM glycine + 1.0% CaCl₂ y 2.69, mM EDTA + 1.5% CaCl₂ that obtained positive results for these variables: 30.5% y $2.74\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 29.9% y $3.59\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ respectively.

Keywords: perishable, translocation, chelate, EDTA, glycine.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE CUADROS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Generalidades.....	4
3.2 Factores edafoclimáticos.....	6
3.3 Prácticas culturales	6
3.4 El papel del elemento calcio	7
3.5 La fertilización foliar	8
3.6 Los aminoácidos como agentes complejantes	9
3.7 Los quelatos como agentes complejantes	10
3.8 Poscosecha	11
3.9 Calidad poscosecha de los higos.....	12
3.10 El elemento calcio en la calidad de los higos	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Material vegetal	14
4.2 Diseño experimental	14
4.3 Variables evaluadas	15
4.3.1 Precosecha	15
4.3.1.1 Peso fresco.....	15
4.3.1.2 Diámetro polar y diámetro ecuatorial.....	15
4.3.1.3 Contenido de calcio.....	15
4.3.2 Poscosecha.....	16
4.3.2.1 Pérdida de peso.....	16

	Página
4.3.2.2 Color del fruto	16
4.3.2.3 Firmeza.....	16
4.4 Análisis estadístico	16
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Precosecha	17
5.1.1 Peso fresco.....	17
5.1.2 Diámetro polar	18
5.1.3 Diámetro ecuatorial	19
5.1.4 Calcio.....	19
5.2 Poscosecha	21
5.2.1 Pérdida de peso.....	21
5.2.2 Firmeza	23
5.2.3 Color L*	25
5.2.4 Color a*	26
5.2.5 Color b*	28
5.2.6 Cromaticidad	29
5.2.7 Matiz.....	31
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. BIBLIOGRAFÍA	33
VIII. ANEXOS	40

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Formulación de nueve tratamientos con agentes quelantes y calcio en aplicaciones foliares a higuera.....	14
Cuadro 2. Valores de medias para la variable peso (g) de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres diferentes fechas de aplicación	18
Cuadro 3. Valores de medias para la variable contenido de calcio (mg·g⁻¹) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres diferentes fechas de aplicación precosecha.	21
Cuadro 4. Valores de medias para la variable pérdida de peso (%) para frutos de higo de nueve tratamientos durante tres fechas poscosecha.....	22
Cuadro 5. Valores de medias para la variable firmeza (N) del epicarpio de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio durante tres fechas poscosecha.	24
Cuadro 6. Valores de medias para la variable firmeza (N) del mesocarpio de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio durante tres fechas poscosecha.....	24
Cuadro 7. Valores de medias para la variable luminosidad (L) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha	26
Cuadro 8. Valores de medias para la variable color a* en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.	27
Cuadro 9. Valores de medias para la variable color b* en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.	29
Cuadro 10. Valores de medias para la variable cromaticidad (c*) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha	30

Cuadro 11. Valores de medias para la variable matiz (h°) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha. 40

Cuadro 12. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día uno después de cosecha. 40

Cuadro 13. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día cuatro después de cosecha..... 41

Cuadro 14. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día 7 después de cosecha..... 41

I. INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica* L.) es un sicono de una inflorescencia repleto de granos o flores fecundadas, recubierto de una cascara fina de color y aspecto variable. Se origina de un arbusto de la familia de las moráceas (Gallego *et al.*, 1996). Los higos son ricos en azúcares y vitaminas (A, B, C), y son una rica fuente de benzaldehídos, un agente anti-cancerígeno. Contiene enzimas y flavonoides que ayudan en el proceso digestivo, además de cantidades significativas de hierro, potasio, beta-caroteno y fibra (Wallace, 1999).

El higo se caracteriza por ser una infrutescencia altamente perecedera debido a su alta susceptibilidad al ablandamiento y daños mecánicos (Crisosto *et al.*, 2011). Durante las últimas décadas, los estudios de conservación de fruta fresca se han centrado en la aplicación de nuevas tecnologías poscosecha, para conseguir aumentar la vida útil de la fruta y mantener durante el mayor tiempo posible la calidad original de la fruta fresca (Erkan y Kader, 2011). Algunos estudios comprueban que la aplicación de calcio aumenta la vida útil del fruto. Sin embargo, la baja movilidad del calcio en el floema y su baja translocación a partir del lugar de aplicación, pueden limitar el efecto de calcio (Ca^{+2}) in situ (Murillo y Chitarra, 1999). Numerosos trabajos han sido realizados con el objetivo de prolongar la calidad de poscosecha en durazno mediante aplicaciones foliares de calcio (Crisosto *et al.*, 2000) sin que se hayan obtenido aún resultados concluyentes. Aplicaciones foliares con productos como el cloruro de calcio (CaCl_2) muchas veces no resultan efectivas porque la forma de movilización como Ca^{+2} es baja. La utilización de otros compuestos como los quelatos, pueden lograr mayor introducción del Ca^{+2} en la fruta (Gárate y Bonilla, 2000). Por ello el objetivo de este trabajo será evaluar el efecto sobre la calidad poscosecha del quelato ácido etilendiaminotetracético

(EDTA) y el aminoácido glicina en la fertilización foliar con cloruro de calcio durante el crecimiento de los frutos de la higuera.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de las infrutescencias de la higuera (*Ficus carica* L.), con variables biofísicas y bioquímicas, durante su crecimiento y poscosecha, por el efecto de la translocación quelante del calcio al fruto, cuando es aplicado foliarmente.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el agente quelante de mayor eficacia para la translocación de calcio aplicado de manera foliar en frutos de higo durante su crecimiento y poscosecha.
- b) Determinar la dosis del agente quelante de mayor eficacia para la translocación del calcio aplicado de manera foliar en frutos de higo durante su crecimiento y poscosecha.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades

La higuera (*Ficus carica* L.) es un árbol perteneciente a la familia Moraceae, dentro del orden urticales, que incluye más de 1,400 especies agrupadas en más de 40 géneros (Watson y Dallwitz, 2004). La higuera está considerada como una de las primeras especies frutales cultivadas en el mundo, su origen fue establecido en Asia Central, Persia y Siria (Kislev *et al.*, 2006).

Crisosto y Kader (2007) definen al higo como un arbusto o árbol caducifolio de 3-6 m de altura, de madera blanda y grisácea, con raíces abundantes. Las hojas de la higuera son palmeadas de color verde brillante, por el haz grises y ásperas por el envés (Morton, 2000). Se trata de una especie dioica con dos formas bien diferenciadas, por un lado, la higuera "masculina" y la higuera "femenina" o común, que se utiliza para la producción de higos. Éstos nacen a partir de una compleja inflorescencia llamada sicono, la cual presenta en su interior cientos de frutos. Por tanto, lo que comúnmente se llama fruto es en realidad un sicono desarrollado, considerado como "falso fruto" (Lisci y Pacini, 1994). Los verdaderos frutos son los aquenios, desarrollados a partir de las flores unisexuadas de las higueras hembras situados en el interior del sicono. Morton (2000) señala que el higo se caracteriza por ser blando, dulce, jugoso, gelatinoso de color encarnado y blanco, estando conectado con el exterior a través de una pequeña apertura llamada ostiolo u ojo, aparece recubierto exteriormente por una epidermis que puede presentar tonalidad verdosa, negra o morada e incluso bicolor, dependiendo de la variedad.

Rodríguez y Lucini (2014) describe que el cultivo de la higuera se ha establecido con éxito en países tan dispares como Estados Unidos, Brasil, China y Sudáfrica. Todo ello, unido a la

gran facilidad de multiplicación vegetativa de la especie, ha desembocado en una extensa diversidad varietal que permite encontrar higueras adaptadas a casi cualquier condición climática.

A nivel mundial la superficie de cultivo de la higuera supera las 376,100 ha. Con una producción estimada de 1, 064, 400 t. Dicha superficie y producción mundial se han mantenido estable con un máximo de 460, 900 ha y más de 1, 200 t en el año 2006. En la actualidad, Turquía es el primer país productor, con 24 % de la producción mundial, seguido de Egipto, Argelia, Marruecos e Irán. Se aprecia un notable aumento del consumo en todo el continente americano destacando México y EE.UU., así como en Japón, China y los emiratos del golfo Pérsico (FAOSTAT, 2014). A nivel nacional se cultivan 1, 200 ha, con una producción estimada de 6, 082 t y un valor de producción de 48.8 millones de pesos. Destacan en la producción de higo los estados de Morelos, Baja California Sur, Puebla e Hidalgo (SAGARPA, 2015).

Los valores nutricionales y farmacológicos de los higos se han estudiado recientemente, se han analizado los polifenoles totales, flavonoides totales y antocianinas de los higos, los cuales exhibieron una alta capacidad antioxidante. Se ha demostrado que los antioxidantes que contiene el higo pueden proteger el plasma de lipoproteínas de la oxidación y elevar significativamente la capacidad antioxidante del plasma por cuatro horas después del consumo (Vinson *et al.*, 2005). Diferentes autores se han interesado en estudiar la influencia del cultivar y la fecha de cosecha en el contenido de compuestos fenólicos. Polat y Çalişkan (2011) encontraron en un universo de 76 accesiones, incluyendo ecotipos con frutos verde, amarillos, cafés, morados y oscuros, una media de 61.8 mg eq. ac. gálico/100 g de peso fresco; una media de antocianinas de 18.2 mg /100 g de peso fresco; y una media de 7.3 mg

eq. Ac. gálico/100 g de peso fresco de capacidad antioxidante. En la misma investigación se encontró que la capacidad antioxidante estuvo correlacionada significativamente con el contenido de fenoles y antocianinas de los frutos.

3.2 Factores edafoclimáticos

La higuera tolera bien las altas y las bajas temperaturas, vegetando con normalidad. Se encuentran higueras en regiones muy variadas, de climas diversos. Sin embargo, el cultivo comercial de la higuera requiere condiciones climáticas específicas. La humedad excesiva y las lluvias frecuentes perjudican enormemente la calidad de los frutos. Por ello el cultivo de la higuera, sólo reviste interés en zonas de clima benigno en invierno y caluroso en verano, con precipitaciones escasas, es decir, clima mediterráneo cálido y seco. Es uno de los árboles más resistentes a la sequía. Cuando ésta es intensa permanece en estado de reposo desarrollando pocas hojas y no dando frutos. Es muy poco exigente en suelos (crece en los pedregosos y áridos), pero para dar cosecha de calidad los requiere con alto contenido en calcio y que no sean demasiado húmedos. Es un árbol muy sensible a la podredumbre radicular (Sala, 2000).

3.3 Prácticas culturales

Las higueras no suelen abonarse directamente. Se benefician enormemente de los elementos nutritivos que se incorporan para fertilizar los cultivos asociados (granada). El árbol recompensa el abonado nitrogenado en cuanto a su desarrollo vegetativo pero los frutos, aunque aumentan de tamaño, pierden calidad en lo referente a su sabor y conservación.

La higuera tolera bien la sequía, antes bien le perjudican los excesos de humedad, sin embargo, es conveniente darle un riego en invierno en climas de inviernos secos y sólo si el año es muy seco se riega a primeros de marzo para favorecer el engorde de los frutos y en

julio para mejorar el tamaño. No debe olvidarse que los riegos aumentan el calibre de la fruta, pero perjudican su calidad. Cuanta más sequía padezca la higuera, dentro siempre de ciertos límites, más dulces serán los frutos (Sala, 2000).

3.4 El papel del elemento calcio

El ablandamiento de los frutos carnosos se encuentra fuertemente asociado con la disminución de los niveles de calcio extracelular conforme la fruta madura (Ferguson *et al.*, 1995). Para evitar la rotura del epicarpio se ha utilizado la aplicación de distintas sales de calcio y sodio (Na) (Irfan *et al.*, 2013).

De todos los nutrimentos minerales, el calcio en el fruto parece ser el elemento de mayor importancia en la calidad para la conservación. La nutrición cálcica en el reino vegetal ha suscitado siempre fuerte interés, tanto desde un punto de vista científico como económico, este último aspecto asociado con la hortofruticultura y la agricultura intensiva (Monge, 1994).

Sharpless y Johnson (1979) mencionan que los bajos niveles de calcio en los frutos carnosos también incrementan las pérdidas causadas por senescencia acelerada del tejido y por las infecciones fungosas. Un incremento, aunque relativamente pequeño en el nivel de calcio de los frutos, puede ser efectivo para prevenir o al menos disminuir drásticamente las pérdidas económicas causadas por varios desórdenes de almacenamiento incluyendo las pudriciones causadas por las infecciones de *Gloesporium*, diversos factores, como el lugar de producción, la variedad, el grado de madurez, etc., afectan la absorción de calcio y la respuesta del fruto al nutrimento.

La escasez de calcio en las membranas incrementa su permeabilidad a ácidos y fenoles, los cuales pueden penetrar más fácilmente en el citoplasma y destruir o coagular enzimas de mitocondrias o de otras partículas subcelulares (Ferguson, 1990). El ablandamiento que se produce en los tejidos al madurar se debe a la rotura enzimática de las protopectinas que componen el armazón de la pared celular, las cuales, son degradadas por agentes oxidantes que liberan ácido. De esta forma dichas paredes se reticulan, las células pierden compartimentación y el fruto firmeza (Sharples y Johnson, 1979).

Monge (1994) menciona que incrementos en el aporte de calcio a los frutales conducen a un aumento de su concentración foliar, pero no en otros órganos de la planta. Las plantas han desarrollado mecanismos para restringir el transporte de calcio hacia esos órganos, manteniendo baja su concentración en la savia, mediante la precipitación como oxalato en los vasos conductores.

3.5 La fertilización foliar

La investigación ha indicado que es factible la fertilización a las plantas a través del tejido foliar, en particular cuando se trata de corregir deficiencias de elementos menores, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas por las plantas. Esta circunstancia hace posible el suministro de estos elementos en soluciones de muy baja concentración, que son toleradas por la planta y no producen efectos fitotóxicos. Por otro lado, la fertilización radicular con micro nutrientes es muchas veces inconveniente desde el punto de vista de manejo, debido a las dosis tan bajas que dificultan su aplicación uniforme. Por el contrario, la aplicación foliar resulta práctica, sencilla y eficiente. La fertilización foliar no sustituye la fertilización al suelo, pero sí constituye una práctica recomendada para complementar la nutrición edáfica

y para suplir ciertos nutrimentos durante etapas críticas del cultivo o de gran demanda nutricional, tales como la floración y el llenado de granos y frutos (Molina, 2002).

Las sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. Los cloruros y nitratos se absorben más rápido a través de la cutícula foliar que los sulfatos, de acuerdo con los resultados de varias investigaciones realizadas. Aparentemente el efecto se debe a una mayor capacidad de permeabilizar la cutícula foliar por parte de cloruros y nitratos, y a su mayor poder higroscópico en comparación con los sulfatos (Molina, 2002).

Raese y Drake (1993) realizaron aspersiones con 1.8 kg CaCl_2 en 378 l de agua sobre frutos de manzana cultivar 'Delicious' y 'Golden Delicious' con lo que elevaron los niveles de calcio al menos en 10%. Estas aplicaciones deben efectuarse cuando la humedad del aire es baja a fin de facilitar la penetración del nutrimento.

3.6 Los aminoácidos como agentes complejantes

Molina (2002) señala que las sales son muy solubles por lo que tienen la desventaja de perderse fácilmente por lavado, sumado a esto, su velocidad de absorción es más lenta que la de un quelato.

Si bien los aminoácidos son considerados abonos especiales por su acción sobre la fisiología de la planta, también han sido propuestos como secuestradores de metales. Entre los distintos complejantes actualmente comercializados, los aminoácidos parecen prometedores, ya que son de origen natural y su biodegradación está asegurada (Lucena, 2009).

El uso de aminoácidos en fertilización foliar es relativamente reciente. El principio básico que utiliza esta tecnología para la fabricación de fertilizantes foliares es la formación de

proteínas hidrolizadas en las que se incorporan los nutrientes catiónicos como Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn. Estos minerales quedan suspendidos entre dos aminoácidos que conforman los grupos donadores y uno de ellos, generalmente un grupo amino (NH_2), forma un enlace covalente complejo, mientras el otro grupo carboxílico (COOH) forma un enlace iónico. De esta forma los iones metálicos quedan acomplejados dentro de la estructura formando un quelato orgánico. La carga iónica del metal es neutralizada por los aminoácidos en forma similar como ocurre con los quelatos sintéticos. Esto evita que el metal sea sometido a fuerzas de repulsión o atracción por las cargas negativas de la cutícula foliar facilitando la absorción. La mayoría de los quelatos de aminoácidos son de bajo peso molecular, lo que en teoría favorecería también la entrada del quelato a través de la cutícula, las paredes celulares y las membranas celulares. Una de las ventajas más reconocidas de los aminoácidos es su rápida absorción, que en algunos casos oscila entre 1-3 horas para completar el 50 de absorción (Melendez y Eloy, 2002).

3.7 Los quelatos como agentes complejantes

Los quelatos para utilización en fertilizantes foliares pueden dividirse en tres categorías: sintéticos, orgánicos de cadena corta y orgánicos naturales. Los quelatos sintéticos usualmente tienen alta estabilidad. Uno de los primeros agentes sintéticos utilizados en fertilización foliar fue el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), que es un agente muy versátil que forma complejos con metales catiónicos de gran estabilidad. Es muy utilizado en la industria química y alimenticia, como componente de jabones, para retener el color de frutas enlatadas, y retener el sabor de salsas y mayonesas, etc. El EDTA es uno de los agentes quelante de mayor uso en la industria de fertilizantes foliares. Otros quelatos sintéticos

incluyen el pentaacetato de dietilentriamina (DTPA) y ácido etilendiamino-N (EDDHA) (Molina, 2002).

Las moléculas naturales o sintéticas con elevada capacidad de complejación son derivados de los aminoácidos como son los sideróforos, fitosideróforos, y agentes quelantes EDTA, EDDHA y homólogos. En ellos, la capacidad complejante se ve favorecida por la presencia de grupos funcionales amino, carboxilo, fenoles y en algunos casos sulfhidrilo, dispuestos en una orientación espacial adecuada para aislar el elemento complejado del medio que lo rodea. Investigaciones de los últimos años apuntan a que los aminoácidos y otros ácidos orgánicos de bajo peso molecular son agentes complejantes que de forma natural utilizan las plantas en la adsorción y asimilación de elementos secundarios y micro elementos (Mullins *et al.*, 1986).

En cuanto a la eficacia de complejos si bien la aplicación a suelos puede ser problemática, en aplicaciones foliares o en hidroponía puede ser suficiente como para proporcionar una alternativa más barata a los quelatos sintéticos (Lucena, 2009).

3.8 Poscosecha

En la actualidad, la tendencia del mercado se caracteriza por un aumento de la demanda de fruta fresca (Aksoy, 1995; Tous y Ferguson, 1996). Este consumo en fresco es posible gracias al desarrollo de tecnologías poscosecha para la conservación de la fruta. Durante las últimas décadas, los estudios de conservación de fruta fresca se han centrado en la aplicación de nuevas tecnologías poscosecha, para conseguir aumentar la vida útil de la fruta y mantener durante el mayor tiempo posible la calidad organoléptica de la fruta fresca (Erkan y Kader, 2011).

3.9 Calidad poscosecha de los higos

Los higos se caracterizan por ser frutos altamente perecederos debido a su alta susceptibilidad a mohos, pérdidas de firmeza y daños mecánicos (Crisosto *et al.*, 2011). Son frutos blandos, con una epidermis extremadamente susceptible a golpes y roturas, lo cual favorece el desarrollo de diversas alteraciones. Sus características hacen que los procesos de recolección y tratamientos poscosecha sean extremadamente complicados, produciéndose también fácilmente la ruptura por daños físicos o mecánicos, permitiendo la rápida pérdida de su contenido nutricional, así como incrementando el riesgo de entrada de microorganismos (Irfan *et al.*, 2013).

Crisosto (2011) menciona que, desde el punto de vista fisiológico, se trata de un fruto con un comportamiento climatérico y por tanto este hecho hace que disminuya considerablemente su vida útil y con ello su comercialización.

Existen diferencias con respecto a la firmeza en base a la variedad, sin embargo, en todas las variedades se observa una pérdida significativa durante el periodo de almacenamiento, ya que el proceso de maduración origina cambios en el contenido de carbohidratos, como la desintegración de pectinas y otros polisacáridos, dando como resultado el ablandamiento de los productos y, consecuentemente, aumentando la susceptibilidad a daños mecánicos (Hamauzu *et al.*, 1997).

3.10 El elemento calcio en la calidad de los higos

El calcio junto con el ácido péctico forma pectato cálcico que produce endurecimiento de la pared celular. Irfan *et al.*, (2013) obtuvieron los mejores resultados con la aplicación de cloruro de calcio al 4 % mediante inmersión durante 15 minutos. Los higos tratados con esta solución mantuvieron los parámetros de calidad inicial en términos de color, acidez titulable,

contenido en ácido ascórbico. El contenido en sólidos solubles y azúcares reductores disminuyó después de 14 días almacenados a 1 °C con una humedad relativa entre 95-98 %. Sin embargo, el principal efecto de este tratamiento se pudo observar en la textura de los higos, ya que después de 14 días de almacenamiento se produjo un incremento de la firmeza de los frutos. Además, el hecho de mejorar la firmeza del fruto y la consistencia de la epidermis mediante la aplicación de cloruro de calcio al 4%, permitió mantener las estructuras y por tanto controlar el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas, levaduras y mohos consiguiendo también una mejora de la calidad microbiológica del producto.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Material vegetal

Para llevar a cabo el experimento se seleccionaron nueve árboles de higo de huertos de traspatio ubicados en el municipio de Alfajayucan, estado de Hidalgo, con las coordenadas 20°24'38.9" N, 99°20'49.3" W a los cuales se les aplicaron los tratamientos para posteriormente evaluar los frutos cosechados.

4.2 Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo con nueve tratamientos, dentro de los tratamientos con el agente quelante se aplicó simultáneamente el cloruro de calcio (CaCl_2) con diferentes dosificaciones quedando de la siguiente manera:

Cuadro 1. Formulación de nueve tratamientos con agentes quelantes y calcio en aplicaciones foliares a higuera

Tratamiento	Aminoácido glicina	Quelato EDTA	CaCl_2
1	1.6 mM	0	0.5%
2	1.6 mM	0	1.0%
3	3.2 mM	0	0.5%
4	3.2 mM	0	1.0%
5	3.2 mM	0	1.5%
6	0	2.68 mM	0.5%
7	0	2.68 mM	1.0%
8	0	2.68 mM	1.5%
9	0	0	0

Cada tratamiento se diluyó en cinco litros de agua y el noveno tratamiento funcionó como control.

En precosecha se realizaron tres aplicaciones y tres muestreos de forma periódica partiendo desde los 30 días después del amarre del fruto (DDA), la segunda aplicación y muestreo se realizó a los 60 DDA y la tercer aplicación y toma de muestra se realizó a los 90 DDA coincidiendo con la cosecha. Se aplicó a hojas y frutos con una mochila aspersora de motor, hasta punto de goteo. El manejo de los árboles se llevó a cabo de acuerdo a las prácticas culturales tradicionales usadas en el huerto.

4.3 Variables evaluadas

Los frutos cosechados fueron transportados al laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México donde se midieron variables precosecha (20 frutos por cada variable) y variables poscosecha (10 frutos por cada variable).

4.3.1 Precosecha

4.3.1.1 Peso fresco

Los frutos se pesaron en una balanza semianalítica modelo ELB3000 Shimadzu. Los resultados fueron reportados en gramos (g).

4.3.1.2 Diámetro polar y diámetro ecuatorial

El diámetro de la fruta fue medido con un vernier digital marca Truper. Los resultados fueron reportados en milímetros (mm).

4.3.1.3 Contenido de calcio

La determinación de calcio se realizó por el método de flamometria, (Berganza y Saavedra, 1984). Los resultados se reportaron en miligramos de calcio por gramo de fruto ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

4.3.2 Poscosecha

4.3.2.1 Pérdida de peso

Los frutos se pesaron en una balanza semianalítica modelo ELB3000 Shimadzu. La pérdida de peso se reportó en porcentaje (%) siendo el primer peso el 100 por ciento.

4.3.2.2 Color del fruto

El color de la cáscara fue determinado por medio de un fotocolorímetro marca Konica Minolta modelo CR-400. Obteniendo los valores L^* , a^* , b^* , c^* y h° de la escala CIELAB donde L^* representa la luminosidad, a^* representa la variación del rojo al verde, b^* representa la variación del amarillo al azul, c^* representa el brillo y h° representa la saturación.

4.3.2.3 Firmeza

La firmeza de la cáscara se obtuvo utilizando un texturometro marca Brookfield modelo CT3. Se realizaron mediciones del epicarpio y mesocarpio, rotando el fruto. Los resultados se reportaron en Newtons (N).

4.4 Análisis estadístico

Todas las pruebas se llevaron a cabo bajo un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables y cuando el valor de F fue significativo se realizó la comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Precosecha

5.1.1 Peso fresco

Para la variable peso en la primera fecha 30 DDA no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, obteniendo medias entre 1.1 y 1.6 g. Para la fecha 60 DDA, se presentaron diferencias significativas siendo el tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl_2) el que registró los frutos con menor peso ($6.6 \text{ g} \pm 1.5$). Los tratamientos con mayor peso observado fueron el tratamiento cinco (3.2 mM glicina + 1.5% CaCl_2) con $9.8 \text{ g} \pm 1.6$ y el tratamiento tres (3.2 mM glicina + 0.5% CaCl_2) con $9.4 \text{ g} \pm 1.6$ (Cuadro 2). Las diferencias observadas a los 60 DDA quizá puedan explicarse por origen, diversidad genética de cada árbol y condiciones ambientales de producción otorgándoles características particulares sobre esta variable (Fernández, 2016).

Por otra parte, los frutos a los 90 DDA (cosecha) no presentaron diferencia estadística en esta variable alcanzando valores promedio entre 16.9 g y 28.4 g.

Los resultados mostrados en este trabajo indican que los frutos presentaron un peso bajo en comparación con lo reportado por Fernández (2016) donde alcanzaron un peso de 37 g al llegar a la cosecha. Esto puede deberse a las cualidades fenotípicas y genotípicas de cada árbol, ya que ningún árbol tuvo algún tratamiento particular que afectara la calidad de los frutos. Se han encontrado frutos de higo de más de 100 g con técnicas que incluyen la selección del polen además de las tradicionales de raleo de fruto (Gaaliche y Trad, 2011). Otros estudios muestran pesos de higos que oscilan desde los 24 y 92 g (Sahin *et al.*, 2001). Di Miro *et al.*, (2005) encontraron que la aplicación del quelato de calcio (L-a-aminoácidos)

no produjo variaciones en el peso fresco ni en el peso seco en frutos de durazno (*Prunus pérsica* L.).

Cuadro 2. Valores de medias para la variable peso (g) de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres diferentes fechas de aplicación.

TRATAMIENTO	30 DDA	60 DDA	90 DDA
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	1.2a	8.7ab	24.5a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	1.2a	6.6b	18.6a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	1.5a	9.4a	24.6a
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	1.5a	7.5ab	16.9a
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	1.6a	9.8a	23.1a
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	1.4a	8.9ab	25.2a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	1.2a	7.5ab	20.0a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	1.2a	8.4ab	20.1a
Control	1.1a	8.3ab	28.4a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDA: Días después de amarre.

5.1.2 Diámetro polar

En este trabajo se encontró que para la variable diámetro polar estadísticamente no hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Para la fecha 30 DDA se obtuvieron medias de entre 21.2 mm y 27.3 mm, para la fecha 60 DDA entre 35.3 y 41.9 mm, mientras que al llegar a la cosecha los frutos tuvieron medias de entre 36.9 a 52 mm, Trad *et al.*, (2013) reportaron una media en cuanto al diámetro polar del fruto de higo de 57 mm \pm 4.5. Ciarmiello *et al.*, (2015) propone que el higo se puede clasificar de acuerdo a su tamaño en mediano, largo o muy largo; el mediano presenta alturas de 35 a 49 mm de ancho

y 28 a 54 mm de largo; el higo largo es aquel con 41 a 56 mm de ancho y altura de 52 a 70 mm, mientras que el muy largo presenta un ancho mayor a 60 mm y una altura mayor a 70 mm. En este sentido todos los frutos de este trabajo clasifican como de tamaño medio. Lara (2014) menciona que el diámetro es un carácter que influye en la talla de los frutos y que en los de mayor diámetro deben incluirse propuestas de seguimiento para realizar trabajos de hibridación.

5.1.3 Diámetro ecuatorial

Respecto a esta variable en la fecha 30 DDA no hubo diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), los frutos presentaron valores promedio de 10.3 a 12.9 mm. Para la fecha 60 DDA los tratamientos dos, cuatro y siete fueron los de menor diámetro ecuatorial, siendo el tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) el de menor diámetro con una media de 22.2 mm \pm 3.5, mientras los tratamientos cinco, seis y ocho fueron los frutos con mayor diámetro siendo el tratamiento ocho (2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl₂) el mayor con 26.7 mm \pm 2.8. Para la fecha 90 DDA, el tratamiento cuatro (3.2 mM glicina + 1.0% CaCl₂) mostró los frutos con menor diámetro ecuatorial con una media de 22.4 mm, mientras que en los demás tratamientos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) obteniéndose valores promedio de entre 28.9 y 35.6 mm.

5.1.4 Calcio

En los resultados obtenidos para este trabajo respecto a los resultados obtenidos para el contenido de calcio (mg·g⁻¹) se observó que para la fecha 30 DDA, el control obtuvo los higos con mayor contenido alcanzando una media de 102.4 \pm 40.5 mg·g⁻¹, mientras los tratamientos tres, cinco y siete mostraron frutos con menor contenido siendo el tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) el menor con una media de 30.8 \pm 15.8 mg·g⁻¹ (Cuadro 3). La

aplicación de los agentes quelantes no influyó en la variación del contenido de calcio de los frutos en esta fecha, estas diferencias pueden ser debidas a factores edafoclimáticos (Botti *et al.*, 2003).

En la fecha 60 DDA, los tratamientos dos, siete y el control tuvieron los frutos con mayores contenidos de calcio siendo el tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) el mayor con una media de $6.7 \pm 1.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, mientras que los tratamientos tres, cinco y ocho tuvieron el menor contenido de calcio, siendo el tratamiento tres (3.2 mM glicina + 0.5% CaCl₂) el de menor contenido con una media de $3.4 \pm 0.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

Para el día 90 DDA, los tratamientos de menor contenido fueron el uno, cinco y el control, de los cuales el tratamiento control presentó el menor contenido de calcio con una media de $0.1 \pm 0.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, mientras que los tratamientos dos y ocho fueron los que mostraron mayores resultados, teniendo al tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) con $2.8 \pm 0.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y el tratamiento ocho (2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl₂) con $3.6 \pm 0.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ al momento de la cosecha. Chessa (1997) señala que los higos alcanzan un contenido en calcio de $0.35 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, en este sentido, se puede señalar que la aplicación de los agentes quelantes tuvieron efecto positivo en el contenido de calcio con respecto al testigo con $0.103 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

Estudios sobre senescencia han revelado que ésta depende del nivel de Ca en el tejido y que debido al incremento de los niveles de este elemento se alteran parámetros como la respiración, contenido de proteína y fluidez de la membrana (Bangerht, 1979).

Cuadro 3. Valores de medias para la variable contenido de calcio ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres diferentes fechas de aplicación precosecha.

TRATAMIENTO	30 DDA	60 DDA	90 DDA
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl_2	78.405ab	4.345bcd	0.164de
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl_2	71.835abc	6.653a	2.743a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl_2	41.758bc	3.38d	1.322bc
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl_2	71.515abc	5.061bc	1.493b
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl_2	49.536bc	3.545cd	0.568cde
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl_2	69.258abc	4.231bcd	1.349bc
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl_2	30.838c	5.728ab	1.014bcd
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl_2	64.068abc	4.033cd	3.595a
Control	102.357a	5.668ab	0.103e

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDA: Días después de amarre.

5.2 Poscosecha

5.2.1 Pérdida de peso

El tratamiento cuatro (3.2 mM glicina + 1.0% CaCl_2) registro los frutos de higo con mayor pérdida de peso, llegando al final de vida de anaquel (7 DDC) al 36% de su peso inicial, seguido del tratamiento cinco (3.2 mM glicina + 1.5% CaCl_2) y el control que perdieron la mitad de su peso inicial, los tratamientos uno, dos, tres, seis, siete y ocho mostraron un comportamiento similar conservando entre el 66 y 71% de su peso al llegar al final de la vida de anaquel (Cuadro 4).

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Fernández (2016) donde se evaluaron ocho ecotipos de higo en el cual los frutos al llegar al final de la vida de anaquel conservaron entre el 50 y 74% de su peso inicial. Irfan *et al.*, (2013) reportaron la pérdida de aproximadamente 4% y 11% del peso inicial a los siete y 14 días de almacenamiento a 2°C de temperatura.

Durante el almacenamiento poscosecha, el peso del fruto disminuye debido a la desecación. La tasa de transpiración y respiración son dos de los factores más importantes que inciden en la pérdida del peso durante la cadena productiva (Freiman *et al.*, 2012). De esta manera el peso de los frutos se encuentra relacionado con el contenido de calcio ya que este elemento prolonga la integridad de la pared y de la membrana celular (Conway *et al.*, 1995).

Cuadro 4. Valores de medias para la variable pérdida de peso (%) para frutos de higo de nueve tratamientos durante tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	87.1a	70.4a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	87.1a	69.5a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	78.3a	66.3ab
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	42.7b	36.0b
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	60.8ab	51.1ab
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	86.6a	71.2a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	84.2a	68.0a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	85.2a	70.1a
Control	73.4ab	51.7ab

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).
DDC: Días después de cosecha.

5.2.2 Firmeza

En este trabajo se encontró que para la variable firmeza no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Para la firmeza del epicarpio en la fecha 1 DDC los tratamientos presentaron medias de 11.9 a 41 N, en la fecha 4 DDC se obtuvieron valores de 14.8 a 28.8 N y para el final de la vida anaquel (7 DDC) alcanzaron 9.3 a 20.5 N (Cuadro 5), mientras que para la firmeza del mesocarpio se encontró para la fecha 1 DDC de 12.6 a 54.5 N, para la fecha 4 DDC de 11 a 43.4 N y para la fecha 7 DDC de 9.3 a 20.5 N (Cuadro 6).

Irfan *et al.*, (2013) en su estudio con aplicaciones de cloruro de calcio para mejorar la calidad poscosecha de higos encontró valores en firmeza que van de 3.12 y 5.51 N \pm 0.5.

Un mayor contenido acumulado de calcio en los frutos, no ha sido determinante para obtener una mayor firmeza. Según las recomendaciones de Johnson (1989) y Carvalhão (1997), es necesario alcanzar niveles mínimos de calcio en los frutos, pero en este caso un mayor contenido de este elemento no ha implicado una mejora sustancial de la firmeza y otros parámetros de calidad. Según Ferguson y Watkins (1989), existen además otros factores a parte del estado mineral de los frutos, como son las velocidades de crecimiento del fruto en el árbol y los crecimientos vigorosos de las brotaciones, que son variables cada año en función de las condiciones climatológicas de la zona, riego, abonados, carga de frutos y altitud de la finca, tal como indica Lotze y Theron (2003).

Cuadro 5. Valores de medias para la variable firmeza (N) del epicarpio de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio durante tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	31.1a	16.8a	20.5a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	35.4a	21.7a	16.2a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	41.0a	15.2a	17.6a
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	27.3a	19.4a	19.4a
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	28.6a	18.0a	17.1a
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	20.9a	28.8a	16.9a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	16.4a	14.9a	17.5a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	13.4a	20.6a	13.0a
Control	11.9a	14.8a	9.3a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).
DDC: Días después de cosecha

Cuadro 6. Valores de medias para la variable firmeza (N) del mesocarpio de frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio durante tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	20.1a	18.5a	12.3a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	26.5a	17.6a	8.6a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	54.5a	16.1a	9.5a
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	14.8a	43.4a	16.1a
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	43.6a	22.7a	14.8a
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	31.8a	19.4a	31.5a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	12.6a	12.3a	16.6a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	25.7a	11.0a	11.8a
Control	13.7a	19.4a	6.2a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).
DDC: Días después de cosecha.

5.2.3 Color L*

En relación a la coordenada colorimétrica L* (indica la luminosidad del fruto, varía entre, 0 negro-100 blanco) para la fecha 1 DDC, el tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) fue el más opaco, mientras que en los frutos del tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) se observó mayor luminosidad, los demás tratamientos se mantuvieron uniformes teniendo medias de entre 21 y 22 unidades, para la fecha 4 DDC no hubo diferencias significativas manteniéndose entre 20 y 22.5 unidades ($p \leq 0.05$), mientras que para la fecha 7 DDC el tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) fue el que obtuvo los frutos más opacos con 18.2 unidades, mientras el control obtuvo los frutos más luminosos alcanzando las 22.6 unidades para el final de vida de anaquel (Cuadro 7).

Se puede observar que en todos los frutos de los nueve tratamientos utilizados en este experimento los valores de L* son muy bajos, lo que indica que los higos presentan poca luminosidad comparados con variedades turcas que rondan las 60 unidades (Polat y Caliskan, 2008).

Xucla (2013) señala que la luminosidad de la epidermis en frutos de manzana se ve afectada en aplicación de nitrógeno y calcio, combinado con el efecto del 1-metilciclopropeno repercutiendo en una coloración más oscura, siendo un efecto indeseado, que produce una disminución de su valor comercial, en el caso del presente estudio se encontró una tendencia a la opacidad de los frutos, aunque no se determinó si se deba a la acción de los agentes quelantes.

Cuadro 7. Valores de medias para la variable luminosidad (L) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	21.0ab	21.2a	20.1ab
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	20.7b	20.8a	19.9ab
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	21.8ab	20.6a	19.9ab
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	22.0ab	22.5a	19.5ab
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	21.1ab	20.5a	20.4ab
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	21.4ab	20.0a	19.7ab
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	22.4a	20.8a	18.2b
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	21.1ab	22.4a	19.3ab
Control	21.9ab	21.9a	22.6a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDC: Días después de cosecha.

5.2.4 Color a*

En relación a la coordenada colorimétrica a* (variación verde-rojo), el análisis estadístico mostró que en la fecha 1 DDC los tratamientos uno, dos, seis y ocho alcanzaron valores del 1.9 al 2.8, mientras que el tratamiento tres (3.2 mM glicina + 0.5% CaCl₂) obtuvo fruto con 6.5 unidades. En la fecha 4 DDC no hubo diferencias en todos los tratamientos, sin embargo, para la fecha 7 DDC se volvió a presentar variabilidad, los frutos del tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) obtuvieron los valores mayores, alcanzando las 3.3 unidades (Cuadro 8).

Se puede observar que en los frutos de los nueve tratamientos los valores son positivos, pero muy bajos, lo que indica que los higos presentan una tonalidad externa lejana al rojo. Tsantili (1990) encontró valores de a^* en la cascara de los higos de 9.8 a 10.5 unidades.

Tsantili, (1990) y Crane *et al.*, (1970) describieron como el fruto experimenta cambios de color tanto a nivel de la epidermis como la pulpa a lo largo del proceso de maduración, pasando del verde hasta llegar al desarrollo total del color propio de la variedad.

Cuadro 8. Valores de medias para la variable color a^* en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	1.9b	2.2a	1.2b
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	2.2b	1.7a	3.3a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	6.5a	1.6a	1.2b
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	4.8ab	3.4a	1.2b
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	3.5ab	1.3a	1.4b
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	2.5b	1.8a	1.4b
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	4.4ab	1.8a	1.0b
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	2.8b	2.4a	1.5b
Control	3.8ab	2.2a	1.8ab

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDC: Días después de cosecha.

5.2.5 Color b*

En relación a la coordenada colorimétrica b* (variación azul-amarillo) en la fecha 1 DDC los frutos de los tratamientos uno (1.6 mM glicina + 0.5% CaCl₂), dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) y control obtuvieron valores bajos con 0.6, 0.5 y 0.9 unidades, mientras los frutos de los tratamientos tres (3.2 mM glicina + 0.5% CaCl₂), cuatro (3.2 mM glicina + 1.0% CaCl₂) y siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) obtuvieron valores mayores con 2.3, 2.1 y 2.8 unidades respectivamente (Cuadro 9).

En la fecha 4 DDC, el análisis estadístico no mostro diferencias significativas donde las medias rondaron entre 1 y 4 unidades. Al llegar los frutos al final de la vida de anaquel ningún tratamiento mostró diferencias significativas encontrándose medias entre 1.1 y 4 unidades.

Estos valores de la coordenada b* son muy inferiores a los mostrados por las variedades turcas Göklop, Sari Zeybek y Morgüz, cuyos valores de b* fueron de 62.1, 56 y 44.2 respectivamente (Polat y Caliskan, 2008),

Cuadro 9. Valores de medias para la variable color b* en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	0.6c	1.8a	1.9a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	0.5c	1.0a	4.0a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	2.3ab	1.8a	1.3a
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	2.1ab	2.4a	1.8a
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	1.2bc	1.1a	1.2a
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	1.0bc	1.1a	1.9a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	2.8a	2.3a	1.1a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	1.7abc	2.9a	2.4a
Control	0.9bc	4.0a	3.9a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDC: Días después de cosecha.

5.2.6 Cromaticidad

Esta variable presentó diferencia estadística en croma o saturación (brillante o apagado), en la fecha 1 DDC se observó que los tratamientos uno, dos y seis obtuvieron los frutos menos brillantes siendo el tratamiento uno (1.6 mM glicina + 0.5% CaCl₂) el de los frutos más lejanos al brillo con una media de 2.0 unidades, mientras el tratamiento tres (3.2 mM glicina + 0.5% CaCl₂) mostró los frutos más brillantes alcanzando 6.9 unidades (Cuadro 10).

Para la fecha 4 DDC, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas donde las medias de los tratamientos fueron entre 1.7 y 4.7 unidades y para la fecha 7 DDC el tratamiento dos (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) obtuvo los frutos más brillantes con una media de 5.3 unidades mientras los frutos del tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂)

fueron los menos brillantes con una media de 1.5 unidades. Crisosto *et al.*, (2010) reportó para la variedad “Mission” valores de croma de 10.3 unidades.

Las variaciones de color que se producen en los frutos son debidas a diversos factores como lo son: época de cosecha, intensidad de la luz, temperatura, cambios estacionales (Gözlekçi *et al.*, 1999; Manera *et al.*, 2012).

Cuadro 10. Valores de medias para la variable cromaticidad (c*) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	2.0c	2.9a	2.2ab
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	2.2bc	2.0a	5.3a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	6.9a	2.5a	1.8ab
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	5.2abc	2.4a	2.2ab
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	3.7abc	1.7a	1.9ab
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	2.7bc	2.1a	2.4ab
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	5.5ab	2.7a	1.5b
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	3.3bc	3.9a	2.8ab
Control	3.9abc	4.7a	4.3ab

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDC: Días después de cosecha.

5.2.7 Matiz

El matiz (0° está relacionado con el color rojo-púrpura, 90° con el color amarillo, 180° con el color verde-grisáceo y 270° con el color azul) en la fecha 1 DDC se encontraron diferencias significativas donde el tratamiento siete (2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl₂) mostró frutos con una coloración más rojiza alcanzando las 41.4 unidades seguido del tratamiento ocho (2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl₂) con 30.9 unidades, para el resto de los tratamientos no hubo diferencias significativas observándose medias de 12.5 y 22.3 unidades.

Para la fecha 4 DDC, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas obteniendo valores entre 24.5 y 109.6 unidades, lo mismo fue observado en la fecha 7 DDC donde en análisis estadístico tampoco mostró diferencias significativas para todos los tratamientos obteniendo valores entre los 37.8 y 120 unidades.

Crisosto *et al.*, (2010) evaluó la calidad de higos de las variedades ‘Mission, Brown Turkey, Calimyrna y Kadota’ donde obtuvo valores de h° del orden de 112-165, muy superiores a los encontrados en este estudio. Para este parámetro de calidad Irfan *et al.*, (2013) encontró valores cercanos a las 83 unidades en la aplicación de cloruro de calcio en higos.

En cuanto al color de la epidermis, existe una gran variedad de tonalidades que van a depender fundamentalmente de la variedad. El color de la epidermis varía desde verde hasta negro, pasando por variedades bicolors como la ‘Panachee’. Además, la epidermis se caracteriza por presentar un color de fondo y un sobrecolor, dependiendo de la variedad y estado de maduración, mientras que el color de la pulpa puede variar desde blanco amarillento hasta marrón oscuro dependiendo del genotipo (López *et al.*, 2011).

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró que los frutos de los tratamientos con los agentes quelantes EDTA y glicina obtuvieron respuesta favorable a la translocación del calcio teniendo al tratamiento 2 (1.6 mM glicina + 1.0% CaCl₂) con $2.8 \pm 0.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y el tratamiento ocho (2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl₂) con $3.6 \pm 0.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ al momento de la cosecha con respecto al testigo ($0.103 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Chessa (1997), señala que los higos alcanzan un contenido en calcio de $0.35 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, sin embargo, en este caso un mayor contenido de este elemento no ha implicado una mejora sustancial de la firmeza y otros parámetros de calidad.

En la variable pérdida de peso, el control perdió la mitad de su peso inicial al final de la vida de anaquel, mientras los demás tratamientos con los agentes quelantes en general mostraron mejor comportamiento, conservando hasta el 66 y 71% de su peso. Para la variable color se presentó mucha variación de manera general para todos los tratamientos, aunque no se determinó si se deba a la acción de los agentes quelantes, por lo que se recomienda realizar un análisis de estudio más exhaustivo. Según Ferguson y Watkins (1989), existen además otros factores a parte del estado mineral de los frutos, que determinan las características de los frutos como son las velocidades de crecimiento del fruto en el árbol, las condiciones climatológicas de la zona, riego, abonados, carga de frutos y altitud de la finca, etc.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aksoy U. 1995. Present status and future prospects of underutilized fruit production in Turkey. In G. Llácer, U. Aksoy, and M. Mars (eds.), underutilized fruitcrops in the mediterranean region. Ciheam-iamz, Zaragoza. 97-107.

Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. West Germany. 17:97-122.

Berganza R., A. y Saavedra G., I. 1984. Manual de técnicas de laboratorio para la determinación de nutrientes (Na, K, Ca, Mg, P y Ni) ph, textura y porcentaje de materia orgánica en muestras de suelo, sedimentos y agua. Universidad Autónoma Metropolitana. 15.

Carvalho, F. 1997. El bitter pit de las manzanas, desarrollo y control. Fruticultura Profesional. 86:11-21

Chessa, I. 1997. Fig, In: Mitra, S. (ed). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. CAB International, Wallingford. UK. 245-268

Ciarmiello, Loredana, F. Piccirillo, P. Carillo P. De Luca, A. y Woodrow, P. 2015. Determination of the genetic relatedness of fig (*Ficus carica* L.) accessions using RAPD fingerprint and their agromorphological characterization. South African journal of Botany. 97:40-47

Conway, W. S. Sams, C. E. y Watada, A. E. 1995. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. Acta Horticulturae 398, 31-39

Crane, J. C. Marei, N. y Nelson, M. 1970. Growth and maturation of fig fruits stimulated by 2-chloroethylphosphonic acid. J. Amer. Society Horticulture Science 95:367-370

Crisosto, C. Ferguson, L. Bremer, V. Stover, E. y Colelli, G. 2011. Fig (*Ficus carica* L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Volume 3: Cocona to mango. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: no. 208. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. 1:34-158

Crisosto, C. Johnson, R. y Garner, D. 2000. Influence of in-season foliar calcium sprays on fruit quality and surface discoloration incidence of peaches and nectarines. Journal of the American Society, 54:118-122

Crisosto, C. y Kader, A. 2007. Figs. Postharvest quality maintenance guidelines, Postharvest information for fruits and nuts. Consultado en octubre de 2015, Sitio web: <http://www.uckac.edu/postharv>

Crisosto, C. C. Bremer, V. Ferguson, L. y Crisosto. G. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. HortScience 45:707-710.

Di Miro M., Covatta F., Holoveski S., Boquete J., y Picallo A. 2005. Aplicación de quelato de calcio durante el desarrollo del fruto de duraznero. Facultad de Agronomía UBA. 25:1-6

Erkan, M. y Kader, A. 2011. Pomegranate (*Punica granatum* L.). In: Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Wood-head Publishing, New York. 287–311

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2014. Datos estadísticos producción de cultivos. Consultado el 11 de octubre del 2017, Sitio web:

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Ferguson, I. 1990. Calcium nutrition and cellular response. In: Calcium in Plant Growth and Development. (Leonard RT, Hepler PK, eds). ASPP. Symp. Series. Vol. 4

Ferguson, I., y Watkins, C. 1989. Bitter pit in apple fruit. Horticultural Review, 11: 289-355

Ferguson, J. Volz, R. Harker, F. Watkins C. y Brookfield. P. 1995. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. Acta Horticulturae. 398:23-30

Fernández V., J. 2016. Caracterización química y morfológica de ocho ecotipos de higo (*Ficus carica* L.). Tesis. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. 34-60

Freiman, Z. Rodov, V. Yablovitz, Z. Horev, B. Flaishman, M. 2012. Preharvest application of 1-methylcyclopropene inhibits ripening and improves keeping quality of Brown Turkey figs (*Ficus carica* L.). Scientia Horticulturae 138:266-272

Gaaliche, B. y Trad, M. 2011. "Effect of pollination intensity, frequency and pollen source on fig (*Ficus carica* L.) productivity and fruit quality," Scientia Horticulturae. 130-4:737-742

Gallego R., Angulo S., y Serrano M., 1996, Estudio espacio-temporal del consumo de higos. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 1,3:43-483

Garate A., y Bonilla I., 2000. Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Capítulo 8: Nutrición Mineral y Producción Vegetal. En: Azcón-Bieto y Talón (eds): Universidad de Barcelona. McGraw-Hill Interamericana. 113-130

- Gözlekçi, S. Ersoy, N. Imamgiller, B. Yazici, K. Kaynak, L. 1999. Adaptation of some fig cultivar (*Ficus carica* L.) under Antalya ecological conditions. 3 rd Turkish national Horticultural Congress Proceedings 1:36-40
- Hamauzu, Y. Chachin, K. Ding, C. y Kurooka, H. 1997. Difference in Surface color, flesh firmness, physiological activity, and some components of loquat fruits picked at various stages of maturity. Japan. Society Horticulture Science. 65:859–865
- Irfan, P. Vanjakshic, V. Keshava, P. Ravie, R. y Kudachikara, V. 2013. Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. Postharvest Biology and Technology. 82, 70–75
- Johnson, D. 1989. Mineral composition in relation to storage quality of UK apples. I. Setting the standards. Proceedings of the fifth international controlled atmosphere conference, Wenatchee, Washington, 1:34-44
- Kislev, 2006. Early-Domesticated Fig in the Jordan Valley. Science. Vol. 312 no. 5778:1372-1374
- Lara B., D. 2014. Caracterización de frutos *Vitis* spp. Tesis Toluca Estado de México., Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. 27-31
- Lisci M., y Pacini E., 1994. Germination ecology of drupelets of the fig (*Ficus carica* L.). Botanical Linnaean Society, 114-2:133-146
- López M., Gil M., Pérez F., Cortés J., Serradilla M., y Chome P.M. 2011. Variedades de higuera: descripción y registro de variedades. In: Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino, Madrid. ISBN 978-84-491-1103-7
- Lotze, E. y Theron, K. 2003. Bitter pit in Golden Delicious apples: a case among soft fruit producers in the Wes-Kaap. SA Fruit Journal. 2:15-18

- Lucena, J. J. 2009. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Revista Ceres*, vol. 56, núm. 4, Universidad Federal de Vicosa, Brasil, 527-535
- Manera, F. Legua, P. Melgarejo, P. Martínez R. Martínez J. Hernández F. 2012. Effect of air temperature on rind colour development in pomegranates. *Scientia Horticulturae* 134:245–247
- Meléndez G., y Eloy M., 2002. Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. 26-36
- Molina R., E. 2002. Fuente de fertilizantes foliares. En *Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones*. Laboratorio de suelos y foliares. CIA-UCR. 26:35
- Monge, E. Val, J. Sanz, M. Blanco, A. y Montañés, L. 1994. Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *Aula Dei (Zaragoza)* 21.3:189-201
- Morton, F. 2000. Fruits of warm climates. Fig. *Ficus carica* L. Purdue University. New crop. Consultada el 11 de octubre de 2017. Sitio web: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/default.html>
- Mullins, G. Sommers, L. y Housley, T. 1986. Metal speciation in xylem and phloem exudates. *Plant and Soil*, 96:377-91
- Murillo, F. y Chitarra, A. 1999. Efeito do aplicacáo do cloreto de calcio nos frutos da manga ‘Tommy Atkins’ tratados hidrotérmicamente. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 34.5, 761-769
- Polat, A. y Çalişkan, O. 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Ttukey. *Scientia Horticulturae*. 56
- Raese, J. y Drake S. 1993. Effects of preharvest calcium sprays on apple and pear quality. *Journal of Plant Nutrition*, 16, 1807-1819

Rodríguez L., y Lucini B., 2014. Análisis para la comercialización de higos amparados bajo la futura marca de garantía higo de Gredos. Universidad Católica Ávila, 3-6

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2015. Inician productores de Puebla y Morelos exportación de higo a Estados Unidos. Consultado el 11 de octubre de 2017, Sitio web: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/2015/julio/Documents/2015B481.P>

DF

Sahin, N. Çobanoğlu, F. y Sahin, B. 2001. Fig report, T.R. Prime Ministry State Planning Organization 8th. Development Plan. Agricultural Production (Fruits). Committee Report. Ankara, Turkey. 548

Sala F., 2000. El cultivo de la higuera breval. Ministerio de Agricultura. Madrid. 9-12

Sharples, R. y Johnson, D. 1979. The influence of calcium on senescence changes in apple. *Apple Biology*. 85:450-453

Tous, J. y Ferguson, L. 1996. Mediterranean fruits, In J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington. 416-430

Trad M., Le Bourvellec C., Goalioche B., Giinies C., Renard, M., Mars, M. 2013. Caprifications modifies polyphenols but not cell wall concentrations in ripe figs. *Scientia Horticulturae*. 160:115-122

Tsantili, E. 1990. Changes during development of 'Tsapela' fig fruits. *Scientia Horticulturae*. 44:227–234

Vinson J., Zubik L., Bose, P., Samman N., y Proch J. 2005. Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*. 24: 44-50.

Wallace, A. 1999. Historia y propiedades del higo (*Ficus carica* L.). *Fruta Viva* 32-4:123–130

Xucla T., F. 2013. La calidad de las manzanas “golden smoothee” en respuesta a las estrategias de aplicación de nitrógeno y calcio, combinado con el efecto del 1-metilciclopropeno. Departament d’Hortofructicultura, Botànica i Jardineria. Universitat de Lleida. 107

VIII. ANEXOS

Cuadro 11. Valores de medias para la variable matiz (h°) en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio en tres fechas poscosecha.

TRATAMIENTO	1 DDC	4 DDC	7 DDC
1.6 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	16.6b	40.7a	57.1a
1.6 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	12.5b	109.6a	45.9a
3.2 mM glicina + 0.5% CaCl ₂	18.1b	47.0a	120.0a
3.2 mM glicina + 1.0% CaCl ₂	22.3b	24.5a	53.1a
3.2 mM glicina + 1.5% CaCl ₂	18.6b	40.7a	37.8a
2.68 mM EDTA + 0.5% CaCl ₂	20.8b	33.2a	52.4a
2.68 mM EDTA + 1.0% CaCl ₂	41.4a	52.5a	123.6a
2.68 mM EDTA + 1.5% CaCl ₂	30.9ab	40.3a	57.8a
Control	14.3b	58.1a	64.3a

Valores con diferente literal implican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DDC: Días después de cosecha.

Cuadro 12. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día uno después de cosecha.

	SM	gl	Mc	F		
Pérdida de peso	0	8	0	.	.	
Firmeza 1	8145.3	8	1018.2	0.545	0.819	NS
Firmeza 2	16343.0	8	2042.9	0.863	0.551	NS
L*	9.9	8	1.2	2.808	0.021	*
a*	68.7	8	8.6	4.136	0.003	**
b*	20.9	8	2.6	7.429	0	***
c*	85.4	8	10.7	5.337	0	***
h°	2651.5	8	331.4	5.254	0.001	***

Firmeza 1: firmeza del epicarpio, Firmeza 2: firmeza del mesocarpio, L*: luminosidad, a*: rojo-verde, b*: amarillo-azul, c*: cromaticidad y h°: matiz o saturación.

Cuadro 13. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día cuatro después de cosecha.

	SM	gl	Mc	F		
Pérdida de peso	18667.4	8	2333.4	3.812	0.001	***
Firmeza 1	1599.9	8	200.0	0.192	0.991	NS
Firmeza 2	7193.4	8	899.2	0.708	0.684	NS
L*	24.9	8	3.1	2.406	0.042	*
a*	11.9	8	1.5	1.686	0.148	NS
b*	30.9	8	3.9	1.468	0.215	NS
c*	28.2	8	3.5	1.517	0.198	NS
h°	19341.2	8	2417.6	0.849	0.569	NS

Firmeza 1: firmeza del epicarpio, Firmeza 2: firmeza del mesocarpio, L*: luminosidad, a*: rojo-verde, b*: amarillo-azul, c*: cromaticidad y h°: matiz o saturación.

Cuadro 14. Anova para las variables dependientes pérdida de peso, textura y color en frutos de higo de nueve tratamientos con quelatos de calcio al día 7 después de cosecha.

	SM	gl	Mc	F		
Pérdida de peso	12307.0	8	1538.4	3.194	0.003	**
Firmeza 1	924.7	8	115.6	0.155	0.996	NS
Firmeza 2	4361.1	8	545.1	0.787	0.616	NS
L*	44.0	8	5.5	1.803	0.12	NS
a*	14.7	8	1.8	3.47	0.007	**
b*	37.6	8	4.7	2.306	0.05	*
c*	49.7	8	6.2	2.655	0.027	*
h°	31599.7	8	3950.0	0.841	0.576	NS

Firmeza 1: firmeza del epicarpio, Firmeza 2: firmeza del mesocarpio, L*: luminosidad, a*: rojo-verde, b*: amarillo-azul, c*: cromaticidad y h°: matiz o saturación.