



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA**

## **CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN PRODUCCIÓN INTENSIVA BAJO INVERNADERO**

**LEDIA NÉRIDA ESCORCIA GUTIÉRREZ**

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

**DOCTORA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2017

**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 LEDIA NERIDA ESCORCIA GUTIERREZ, 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. ROBERTO QUINTERO LIZAOJA, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "CARACTERIZACION NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE HIGO (Ficus carica L.) EN PRODUCCION INTENSIVA BAJO INVERNADERO" y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el 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 6 de julio de 2017

Firma del  
Alumno (a)

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis  
\*1st.

La presente tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN PRODUCCIÓN INTENSIVA BAJO INVERNADERO** realizada por la alumna: **M. C. Ledia Nérida Escorcía Gutiérrez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

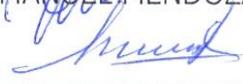
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
DR. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA

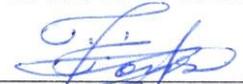
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. VICTOR MANUEL MENDOZA CASTILLO

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. SALVADOR MIRANDA COLIN

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. TARSICIO CORONA TORRES

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. APOLINAR MEJIA CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2017

# CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.) EN PRODUCCIÓN INTENSIVA BAJO INVERNADERO

Ledia Nérida Escorcía Gutiérrez, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2017

## RESUMEN

La producción de higo en condiciones de invernadero mejora el rendimiento y calidad del fruto, sin embargo, es necesario encontrar soluciones nutritivas para cada etapa fenológica de la planta. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas (SN) con diferentes presiones osmóticas (PO): 0.54, 0.72, 0.9 y 0.75 atm en las hojas, frutos y tallos. El experimento tuvo una duración de 263 días, en los que se evaluaron cuatro muestreos a los 107, 196, 227 y 263 días. El diseño experimental usado fue completamente al azar, los datos se analizaron con un análisis de varianza. Los árboles fertilizados con la SN que tenía 0.9 atm de presión osmótica mostraron el menor ( $P < 0.05$ ) número de frutos a los 263 días. Las SN con 0.54, 0.72, 0.9 atm de PO no incrementaron ( $P > 0.05$ ) el contenido de proteína cruda en el fruto, hojas y tallo a los 227 días. La concentración de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en el fruto y hojas no se modificó ( $P > 0.05$ ) con las SN que tenían 0.54, 0.72, 0.9 atm de PO. El número de hojas, área foliar, longitud de tallo, peso fresco, seco, contenido de humedad del fruto y rendimiento por hectárea no ( $P > 0.05$ ) fueron estadísticamente diferentes con las SN (0.54, 0.72, 0.9 atm de PO) aplicadas. En conclusión las higueras soportan la fertilización con soluciones nutritivas con presiones osmóticas de 0.54, 0.72 y 0.9 atm sin afectar su número de hojas, longitud del tallo, peso fresco, peso seco y contenido de humedad, concentración de minerales en frutos, y rendimiento por hectárea. La solución nutritiva con 0.75 atm de PO redujo el número de frutos.

**Palabras clave:** Higuera, hojas, tallos, frutos, solución nutritiva, presión osmótica.

**NUTRIMENTAL CHARACTERIZATION OF THE CULTIVATION OF FIG (*Ficus carica* L.) IN INTENSIVE PRODUCTION UNDER GREENHOUSE**

**Ledia Nérida Escorcia Gutiérrez, Dra.**

**Colegio de Postgraduados, 2017**

**ABSTRACT**

The production of fig under greenhouse conditions improves yield and fruit quality, however, it is necessary to find nutrient solutions for each phenological stage of the plant. The objective of this study was to evaluate the effect of nutrient solutions (NS) with different osmotic pressures (OP): 0.54, 0.72, 0.9 and 0.75 atm in leaves, fruits and stems. The experiment had a duration of 263 days, in which four samples were evaluated at 107, 196, 227 and 263 days. The experimental design was completely randomized, the data were analyzed with an analysis of variance. The trees fertilized with the SN that had 0.9 atm of osmotic pressure showed the lowest ( $P < 0.05$ ) number of fruits at 263 days. The NS with 0.54, 0.72, 0.9 atm of OP did not affect ( $P > 0.05$ ) the crude protein content in the fruit, leaves and stem at 227 days. The concentration of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in the fruit and leaves was not modified ( $P > 0.05$ ) with NS having 0.54, 0.72, 0.9 atm of OP. The number of leaves, leaf area, stem length, fresh weight, dry weight, moisture content of fruit and yield per hectare were not affected ( $P > 0.05$ ) with different NS (0.54, 0.72, 0.9 atm OP). In conclusion, fig trees support the application of nutrient solutions with osmotic pressure of 0.54, 0.72 and 0.9 atm without affecting their number of leaves, stem length, fresh weight, dry weight and moisture content, concentration of minerals in fruits, and yield per hectare. The nutrient solution with 0.75 atm of PO affected the number of fruits.

***Index words:*** Fig trees, leaves, stems, fruits, nutrient solution, osmotic pressure.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

**Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo**, por la oportunidad de realizar mis estudios de Doctorado en Ciencias.

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el financiamiento otorgado durante mis estudios a nivel doctorado.

**A los Profesores de mi consejo particular** por su disposición y participación en la realización de este trabajo de investigación.

**A mis Profesores Consejeros Dr. Juan Luis Tirado Torres<sup>(+)</sup>, Dr. Gustavo Adolfo de Jesús Baca Castillo y Dr. Roberto Quintero Lizaola** por su gran comprensión en este arduo proceso y constante apoyo para culminar estos estudios.

A mi director de tesis **Dr. Víctor Manuel Mendoza Castillo** por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

**Al Dr. Mario Pérez Grajales, Dr. Fernando Castillo González, IQ. Cesar Merino Bazán y Sria. Laura Santamaría Téllez** por su constante apoyo en mis estudios profesionales.

**A todas las personas** que hicieron posible lograr otra meta profesional, a mis maestros, trabajadores, secretarias, laboratoristas de la institución, compañeros, amistades y familia por su gran apoyo y motivación.

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a **Dios** quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se presentaban, enseñándome a afrontar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis padres que por ellos soy lo que soy: **Roberto Escorcía Lagos (+) y María de Jesús Gutiérrez Alvarado** por darme el mayor de los regalos “la vida”, por su inmenso amor proporcionado durante su compañía y por su ejemplo en las elecciones de vida. Con un inmenso amor que conlleva una profunda admiración y un gran respeto de su hija “leyita”.

A mi esposo **Raúl** e hijos **Edwin Willians, Raúl Jesús y Aylin Yaretzi** por su cariño y gran amor, por ser lo más maravilloso de la vida y por todos los momentos agradables compartidos. Con profundo amor y cariño a mi querida familia. Los quiero mucho.

A mi hermana **Idalín** por su incondicional apoyo. A todos mis antecesores, sucesores e integrantes de las familias Escorcía Lagos, Gutiérrez Alvarado y Ayanegui Méndez por las vivencias compartidas. A mi futura descendencia con profundo respeto y admiración. Dios los colme de bendiciones, amor y éxito por generaciones.

A todos mis profesores en mi formación académica, por su excelente disposición y compromiso durante este arduo proceso de formación. A todos mis compañeros y amigos en el transcurrir de la vida.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

## CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO I. EFECTO DE DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL DESARROLLO DE FRUTOS DE HIGO (<i>Ficus carica</i> L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO .....</b>	<b>6</b>
RESUMEN .....	7
SUMMARY.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
CONCLUSIÓN .....	18
AGRADECIMIENTOS.....	18
LITERATURA CITADA .....	18
<b>CAPITULO II. CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA Y MINERAL EN FRUTOS, HOJAS Y TALLOS DE HIGUERA (<i>Ficus carica</i> L.) FERTILIZADA CON DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS.....</b>	<b>22</b>
RESUMEN .....	23
SUMMARY.....	24

INTRODUCCIÓN.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIÓN .....	36
AGRADECIMIENTOS.....	36
LITERATURA CITADA .....	37
<b>CAPÍTULO III. EFECTO DE DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LAS HOJAS, TALLOS Y FRUTOS DE HIGO (<i>Ficus carica</i> L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO .....</b>	<b>41</b>
RESUMEN .....	42
SUMMARY.....	43
INTRODUCCIÓN.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
CONCLUSIÓN .....	51
AGRADECIMIENTOS.....	52
LITERATURA CITADA .....	52

## LISTA DE CUADROS

### CAPITULO I.

- Cuadro 1. Conductividad eléctrica y presión osmótica de las soluciones nutritivas experimentales para la producción de higo bajo condiciones de invernadero..... 12
- Cuadro 2. Número de frutos (NF, frutos) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior. .... 14
- Cuadro 3. Peso de fruto fresco (PFF, g) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior. .... 15
- Cuadro 4. Peso de frutos secos (PFS, g) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior. .... 16
- Cuadro 5. Diámetro ecuatorial (DEF), diámetro polar (DPF), °Brix del fruto y rendimiento de higuera fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas. .... 18

### CAPITULO II.

- Cuadro 1. Presión osmótica y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas experimentales para la producción de higo bajo condiciones de invernadero..... 27
- Cuadro 2. Contenido mineral del fruto de higo variedad Nezahualcóyotl fertilizado con diferentes soluciones nutritivas..... 30
- Cuadro 3. Contenido mineral de hoja de higuera variedad Nezahualcóyotl fertilizada con diferentes soluciones nutritivas..... 33
- Cuadro 4. Contenido mineral del tallo de higuera variedad Nezahualcóyotl fertilizada con diferentes soluciones nutritivas..... 35

### **CAPÍTULO III.**

Cuadro 1. Presión osmótica y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas (SN) experimentales. ....	46
Cuadro 2. Número de hojas por tallo de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas. ....	47
Cuadro 3. Área foliar (dm <sup>2</sup> ) de hojas de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas. ....	48
Cuadro 4. Longitud del tallo (cm) de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.	49
Cuadro 5. Diámetro del tallo (cm) de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.	50
Cuadro 6. Efecto de la fertilización con distintas soluciones nutritivas sobre el fruto de higo y su rendimiento por hectárea. ....	51

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO II.

Figura 1. Peso fresco de frutos de higo fertilizado con diferentes soluciones nutritivas (SN). ....	28
Figura 2. Proteína cruda de frutos de higo fertilizados con diferentes soluciones nutritivas (SN). .....	29
Figura 3. Peso de hojas frescas de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).....	31
Figura 4. Proteína cruda de la hoja de higuera de la variedad Nezahualcóyotl fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).....	31
Figura 5. Peso de tallos de higuera fertilizada con diferentes soluciones nutritivas (SN).....	34
Figura 6. Proteína cruda del tallo de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).....	34

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Una solución nutritiva (SN) contiene los elementos minerales esenciales para el desarrollo de los cultivos, para preparar una SN es necesario conocer la presión osmótica (PO) determinada mediante la conductividad eléctrica (Favela *et al.*, 2006). Preciado-Rangel *et al.* (2003) afirman que la PO de la solución nutritiva regula la absorción de agua y nutrimentos y, por consiguiente, el crecimiento y la nutrición de las plántulas durante su desarrollo en macetas o contenedores. Una SN contiene todos los macro y micro minerales esenciales para las plantas (Alarcón, 2001). Un elemento mineral es esencial si en su ausencia la planta es incapaz de completar su ciclo de vida (Gutiérrez, 1997). Dentro de los minerales esenciales se encuentra el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, boro, potasio, sodio, magnesio, manganeso, calcio, cloro, hierro, cobre y zinc (Gutiérrez, 1997).

La higuera (*Ficus carica* L) es un árbol caducifolio, perteneciente a la familia de las Moraceae, es uno de los cultivos con mayor antigüedad en el mundo, el centro de origen es lo que hoy en día es Turquía (Karandeniz, 2009; García-Ruiz *et al.*, 2013). Las higueras fueron introducidas en México en 1683 por los misioneros Franciscanos españoles, quienes plantaron higos negros fuera de las iglesias en los estados de Hidalgo, Guanajuato, Morelos, San Luis Potosí y Zacatecas (Parra Lerma, 1996).

El fruto es un sícono blando ovoide, carnoso, recubierto con una piel muy fina, con pequeños y numerosos aquenios incluidos en el fruto. El sícono o fruto falso es en realidad el receptáculo que en su evolución se hincha y se vuelve carnoso formando la breva o el higo según sea la fecha de madurez. *Ficus carica* L. es una especie diploide gynodioecious con 26 cromosomas. Las especies son monoicas si las flores masculinas y femeninas están en la misma planta, o dioicas si las flores macho y femeninas están en plantas separadas (Beck y Lord, 1988; García-Ruiz *et al.*, 2013).

Los tres principales exportadores de higos secos en el mundo son Turquía, Irán y Grecia. Turquía, exporta más de la mitad del volumen mundial, mientras que Irán el 12% y Grecia el 6% (Flaishman *et al.*, 2008). En México se cultivan cerca de mil 456 hectáreas, con una producción estimada de siete mil ochenta y ocho toneladas, los principales estados productores son: Morelos, Baja California Sur, Puebla e Hidalgo, siendo Morelos el principal productor (SIAP, 2016).

La higuera se cultiva mejor en climas cálidos, con veranos calurosos e inviernos con pocas heladas. Para que el fruto madure se necesitan temperaturas altas, preferentemente superiores a 30 °C (Lavín y Reyes, 2004). Por esta razón, las condiciones de invernadero es una alternativa para incrementar la producción, mejorar la calidad del fruto, reducir el ataque de plagas y el uso de insecticidas (Mendoza-Castillo *et al.*, 2016). Sin embargo, es necesario evaluar el efecto de soluciones nutritivas que no afecten el desarrollo productivo de la higuera (hojas, tallos y frutos). En la revisión de literatura realizada no se encontró información del efecto del uso de soluciones nutritivas sobre las características físicas y nutricionales del fruto, hojas y tallos de *F. carica* L. Manoel *et al.* (2013) observaron que la variedad Colar tiene un peso fresco de 75 g con un diámetro ecuatorial de 46.67 cm y 7.20 g de glucosa por 100 de fruto, siendo esta una de las variedades de mayor importancia en España. En México la variedad Nezahualcóyotl con seis tallos en condiciones bajo invernadero tienen una producción de 78.6 t ha<sup>-1</sup>, 52.37 g de peso fresco, 7.27 cm de longitud del fruto y 17.69 grados Brix (Mendoza-Castillo *et al.*, 2016). Pereira (2016) reportó que las hojas de higuera presentan un tamaño entre 10 y 20 cm, tienen una coloración verde brillante, con pelos cortos y rígidos que le dan un tacto áspero.

El SIAP (2016) reporta que la variedad de fruto de color negro es el que más se siembra en México (74%, 1079.3 ha), seguido del higo blanco (26%, 376.80 ha), debido a su mayor rendimiento por ha: 6.16 a 6.68 t ha<sup>-1</sup>. La determinación del área foliar es fundamental en estudios de nutrición y

crecimiento vegetal, con ésta se puede determinar la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y calidad de la cosecha (Ruiz-Espinoza *et al.*, 2007). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes soluciones nutritivas con distintas presiones osmóticas: 0.54, 0.72, 0.9 y 0.75 atm en las características físicas y nutricionales las hojas, frutos y tallos de *F carica* L.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón, V. A. L. 2001. El boro como nutriente esencial. *Horticultura* 155: 1-11.
- Beck NG and Lord EM (1988). Breeding system in *Ficus carica*, the common fig II. Pollination events. *Am. J. Bot.* 75: 1913-1922.
- Favela, C. E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Flaishman MA, Rodov V and Stover E (2008). The fig: botany, horticulture, and breeding. *Hortic. Rev.* 34: 113-196.
- 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 (2): 3931-3943.
- Gutiérrez, V. M. 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21 (1): 127-137.
- Karandeniz T (2009). Clonal Selection in Siyah Fig cv. at Black Sea Region of Turkey. In: Fourth International Symposium on Fig. Meknes, Morocco.
- Lavín, A.; Reyes, M. (2004). Higuera (*Ficus carica* L.). En: A. Lavín Acevedo (Ed.). *Frutales: especies con potencial en el Secano Interior*. Boletín INIA nº 120. Ed. Matsuya, Kuni y INIA. Chile: 82-94.
- Manoel, S., J. Monia, O. Mariano, L. Sarita, M. Pablo y A. Francisco. 2013. Caracterización morfológica, química y sensorial de cuatro variedades de brevas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14 (1): 48-52.

- 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. *Expl. Agric.*:1-12.
- Parra Lerma J (1996). Estudio Fenológico de un Huerto de Higuera (*Ficus carica* L.) en el Ejido Francisco Villa, Municipio de Comundu, Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit.
- Pereira, C. 2016. Comportamiento agronómico y estudio del punto óptimo de maduración nutricional y funcional de variedades de higuera interesantes para consumo en fresco. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. 350 p.
- Preciado-Rangel, P., G. A. Baca-Castillo, J. L. Tirado-Torres, J. Kohashi-Shibata, L. Tijerina-Chávez, y Á. Martínez-Garza. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra* 21 (4): 461-470.
- Ruiz-Espinoza, F. H., B. Murillo-Amador, J. L. García-Hernández, E. Troyo-Diéquez, A. Palacios-Espinoza, A. Beltrán-Morales, L. Fenech-Larios, S. Zamora-Salgad, P. Marrero-Labrador, A. Nieto-Garibay y O. Cruz de la Paz. 2007. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 29-34.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario estadístico de la Producción Agrícola. México, D.F. Consultados en Mayo de 2016. <http://infossiap.siap.gob.mx>.

**CAPITULO I. EFECTO DE DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL  
DESARROLLO DE FRUTOS DE HIGO (*Ficus carica* L.) BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

**Ledia Nérida Escorcia-Gutiérrez<sup>1‡</sup>, Roberto Quintero-Lizaola<sup>1</sup>, Víctor Mendoza-Castillo<sup>2</sup>,  
Salvador Miranda-Colín<sup>1</sup>, Apolinar Mejía-Contreras<sup>1</sup>, Tarsicio Corona-Torres<sup>1</sup>, Raúl  
Ayanegui-Méndez<sup>2</sup>, Idalín Escorcia-Gutiérrez<sup>2</sup>, Edwin Willians Ayanegui-Escorcia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. 56230  
Montecillo, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. 56230, Estado de  
México, México

<sup>‡</sup>Autor responsable (nery\_escorcia@yahoo.com.mx; neridaescorcia@gmail.com)

## RESUMEN

La producción de higo en condiciones de invernadero mejora el rendimiento y calidad del fruto, sin embargo, es necesario formular soluciones nutritivas para cada etapa fenológica de la planta. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cuatro soluciones nutritivas (SN) con diferentes presiones osmóticas (PO) sobre el número de fruto (NF), peso del fruto fresco (PFF), peso de fruto seco (PFS), diámetro ecuatorial (DEF), diámetro polar (DPF) y grados Brix ( $^{\circ}$ Brix) del fruto (F), y rendimiento promedio por árbol (RPA) de la variedad “Netzahualcóyotl” en condiciones de invernadero. Las soluciones nutritivas experimentales tuvieron una presión osmótica (PO) de 0.54, 0.72, 0.9 y 0.75 atm. Se realizaron cuatro muestreos (107, 196, 227 y 263 días después de la poda del ciclo anterior). El diseño experimental fue completamente al azar, los datos se analizaron con un análisis de varianza una vía. No se observaron ( $P>0.05$ ) diferencias significativas en las variables evaluadas al usar las SN con 0.54 y 0.72 atm de PO. Los arboles fertilizados con soluciones nutritivas con 0.90 y 0.75 atm de PO mostraron ( $P<0.05$ ) el menor NF ( $5 \pm 0.89$  y  $3 \pm 0.89$  frutos) y PSF ( $20 \pm 1.50$ ,  $10 \pm 1.5$  g) a los 263 días después de la poda del ciclo anterior. Las higueras fertilizadas con las NS que tenían 0.75 atm de PO presentaron el menor PFF ( $51 \pm 9$  g), y RPA ( $5022 \pm 189$  g) comparado con las otras SN. En conclusión, las higueras pueden ser fertilizadas con soluciones nutritivas que contengan 0.54 y 0.72 atm de presión osmótica sin afectar su producción y las características del fruto, sin embargo, no es recomendable aplicar una solución nutritiva con presión osmótica de 0.75 atm.

**Palabras clave:** Frutos, higo, soluciones nutritivas, peso, grados Brix.

# EFFECT OF DIFFERENT NUTRITIVE SOLUTIONS ON THE DEVELOPMENT OF FIG FRUITS (*Ficus carica* L.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

## SUMMARY

The production of fig under greenhouse conditions improves the yield and quality of the fruit, however, it is necessary to find nutrient solutions for each phonological stage of the plant. The objective of this study was to evaluate the effect of four nutrient solutions (NS) with different osmotic pressure (OP) on fruit number (FN), fresh fruit weight (FFW), dry fruit weight (DFW), equatorial diameter (DE), polar diameter (PD) and Brix degrees ( $^{\circ}$ Brix) of the fruit (F), and average yield per fig tree (AYF) of the variety "Netzahualcoyotl" under greenhouse conditions. The experimental nutrient solutions had an osmotic pressure (OP) of 0.54, 0.72, 0.90 and 0.75 atm. Four samplings were taken (107, 196, 227 and 263 days after pruning of the previous cycle). The experimental design was completely randomized. The data were analyzed as a one-way ANOVA. The nutrient solutions with 0.54 and 0.72 atm of OP did not affect the evaluated variables. Trees fertilized with nutrient solutions with 0.90 and 0.75 atm OP showed the lowest FN ( $5 \pm 0.89$  and  $3 \pm 0.89$  fruits) and DFW ( $20 \pm 1.50$ ,  $20 \pm 1.5$  g) at 263 days after pruning of the previous cycle. The nutrient solutions with 0.75 atm of OP had the lowest FFW ( $51 \pm 9.0$  g), and AYF ( $5022 \pm 189$  g) compared to the other nutrient solutions. In conclusion, fig plants can be fertilized with nutrient solutions containing 0.54 and 0.72 atm osmotic pressure without affecting their production and fruit characteristics, however, it is not advisable to apply a nutrient solution with osmotic pressure of 0.75 atm.

***Index words:*** Fruits, fig, nutritional solutions, weight, degrees Brix.

## INTRODUCCIÓN

Una solución nutritiva (SN) contiene los elementos minerales esenciales para el desarrollo de los cultivos, para preparar una SN es necesario conocer la concentración iónica total (presión osmótica) determinada mediante la conductividad eléctrica, la relación entre aniones y cationes (Favela *et al.*, 2006). Un elemento mineral es esencial si en su ausencia la planta es incapaz de completar su ciclo de vida (Gutiérrez, 1997). El nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S), son elementos esenciales que están presentes en una SN. La planta puede absorber el nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4^+$  ó  $\text{NO}_3^-$ , la deficiencia causa amarillamiento de las hojas, retrasa el crecimiento y al aumentar el tiempo de deficiencia las hojas tienden a un color naranja (Carvajal, 1960). La deficiencia de K ocasiona en las hojas áreas necróticas de color café, estas se desprenden con facilidad y ocasiona mal desarrollo del sistema radical (Carvajal, 1960). Hernández *et al.* (2009) reportaron que la relación de 1:2 N:K incrementó la materia seca en frutos de tomate. El P se absorbe en las plantas en su forma de anión monovalente ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y con menor rapidez como anión divalente ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). La deficiencia causa disminución en el número y tamaño de la hoja y una coloración purpura en ellas (Becerra-Sanabria *et al.*, 2007). Rincón *et al.* (2003) reportaron que una relación favorable para el crecimiento y nodulación debe estar cercana a 10:1 entre el Ca y P. El Ca es absorbido en forma de ión  $\text{Ca}^{2+}$ , Romero-Gomezcaña *et al.* (2006) reportaron que este mineral está relacionado con la madurez de los frutos. El Cl se absorbe como ión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), puede causar toxicidad cuando su concentración en el tejido vegetal es excesiva. Las altas concentraciones producen quemaduras en las hojas, disminuyen la fotosíntesis e inhiben la absorción de nitratos (Villa *et al.*, 2006). El Mg en las plantas ésta ligado a los cloroplastos, la deficiencia de este mineral causa bajas concentraciones de clorofila, disminución de la fotosíntesis y disminución del transporte se

sacarosa (Bayon y Ditschar, 2012). El S es absorbido del suelo en forma de  $\text{SO}_4^{-2}$  en pequeñas cantidades a través de las hojas como  $\text{SO}_2$ , es constituyente importante de los aminoácidos cisteína, cistina y metionina, la deficiencia ocasiona hojas de color púrpura especialmente en sus márgenes (Quintero, 1995). En la revisión de literatura realizada no se encontró información del efecto del uso de soluciones nutritivas en el desarrollo de frutos de higo bajo invernadero. El cultivo de higuera (*Ficus carica* L.) ha alcanzado una gran importancia económica, en sistemas de producción intensiva bajo condiciones de invernadero debido a un incremento del rendimiento, mejor manipulación, reducción de plagas y enfermedades, disminución de pudriciones de frutos y daños por heladas (Mendoza-Castillo *et al.*, 2016). Mendoza-Castillo *et al.* (2016) reportó que es posible obtener hasta  $109 \text{ t ha}^{-1}$  de frutos de higo en bajo condiciones de invernadero con el cultivar nativo "Netzahualcóyotl", por sus frutos grandes y pesados (García-Ruiz *et al.*, 2013). La nutrición vegetal en el cultivo de higo tiene gran importancia para lograr mejores rendimientos y calidad de frutos, asegurando que sea la cantidad adecuada de nutrientes obteniendo eficiencia en el uso de los fertilizantes que se verá reflejado en los costos de producción y se evitara la contaminación por su uso excesivo. En la revisión de literatura no se encontró información sobre el efecto las soluciones nutritivas en la producción de higo bajo invernadero, por lo que, este estudio permitirá conocer al menos una solución nutritiva que no afecte la producción y calidad de frutos de higo. La hipótesis que se planteó fue que las higueras fertilizadas con una solución de 0.54 atm de presión osmótica tendrán un mayor número, peso fresco, peso seco, diámetro ecuatorial, diámetro polar y grados Brix de fruto y rendimiento promedio por árbol. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de distintas soluciones nutritivas sobre el número, peso fresco, peso seco, diámetro ecuatorial, diámetro polar y grados Brix del fruto y el rendimiento promedio por árbol higo de la variedad "Netzahualcóyotl" bajo invernadero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

El estudio se realizó en un invernadero localizado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. Está ubicado a 19° 27' 30'' latitud Norte y 98° 54' 14'' longitud Oeste, a 2240 m de altitud.

### **Árboles de higo**

Se utilizaron higueras formadas por el rebrote de tallos productivos de 6 años, provenientes de estacas de huertos familiares de la variedad "Netzahualcóyotl". Se evaluaron seis tallos productivos por árbol, con 18 frutos cada tallo, por lo que se realizaron podas de yemas laterales y apicales. Los árboles fueron regados con 1600 mL de solución nutritiva (SN) por planta, dos veces al día a las 8:00 y 14:00 horas (en cada riego se aplicaron 800 mL).

### **Muestreos**

Cuatro muestreos fueron realizados después de la poda del ciclo anterior, la poda se realizó el 10 de diciembre del 2013, a partir de esta fecha el primer muestro se realizó a los 107 días, este muestro coincido con el inicio de formación de los primeros frutos. El segundo a los 196 días, en esta fecha se realizó el corte apical dejando 18 frutos por tallo, el tercero a los 227 días, este muestreo correspondió al inicio de la maduración de frutos y el cuarto muestreo a los 263 días, cuando la mayoría de plantas tenían menos de un tercio de frutos maduros.

## Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas (SN) experimentales que se evaluaron tuvieron diferentes presiones osmóticas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Conductividad eléctrica y presión osmótica de las soluciones nutritivas experimentales para la producción de higo bajo condiciones de invernadero.

SN	Aniones	Cationes	PO (atm)	CE dS m <sup>-1</sup>	pH
1	15	15	0.54	1.5	5.5
2	20	20	0.72	2.0	5.5
3	25	25	0.9	2.5	5.5
4	21	21	0.75	2.1	5.5

NS: Soluciones nutritivas, PO: Presión osmótica (atm). La PO de las soluciones se multiplica la CE por 0.36 (Rhoades, 1993). CE: Conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>), se calculó como lo describió Sonnovel (1997):  $\sum \text{cationes}/10$ .

## Variables evaluadas

Al final de la cosecha en cada muestreo, se contó el número de frutos (NF) de seis tallos seleccionados al azar de cada higuera. Se registró el peso fresco de frutos (PFF). Cada fruto se lavó con agua destilada y posteriormente se deshidrataron a peso constante en una estufa de secado a 70 °C durante cinco a siete días y se registró el peso de frutos secos. (PFS). En el muestreo tres, se seleccionaron al azar seis frutos de cada árbol, para evaluar el diámetro ecuatorial (DEF) y polar (DPF). El diámetro se registró en cm con un vernier digital (Mitutoyo, USA). De cada fruto se extrajo cuidadosamente 1 mL y cuidadosamente se colocó en un refractómetro digital (HANNA, modelo HI 96801) para registrar los grados Brix (°Brix).

### **Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar, la unidad experimental fue el árbol, se realizaron cuatro muestreos (3 árboles por muestreo), en cada muestreo (6 tallos por árbol) se registraron las variables: número de fruto, peso del fruto fresco, peso de fruto seco y fueron analizadas con un ANOVA de una vía usando el procedimiento MIXED de SAS versión 9.4 (SAS, 2013). En el tercer muestreo (227 d después de la poda del ciclo anterior) se evaluó diámetro ecuatorial (DEF), diámetro polar (DPF) y grados Brix ( $^{\circ}$ Brix) del fruto, y rendimiento promedio por árbol de higo (RPA). Todas las variables fueron analizadas con un análisis de varianza de una vías usando el procedimiento MIXED de SAS versión 9.4 (SAS, 2013).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La presión osmótica es una característica de gran importancia en la solución nutritiva, una alta presión osmótica disminuye la energía libre del agua y, por lo tanto, restringe la absorción de agua y algunos nutrimentos (Preciado-Rangel *et al.*, 2003; Kafkafi y Bernstein, 1996). A consecuencia de esto, ocurre una disminución en el crecimiento y formación de frutos. El número de frutos no incrementó ( $P>0.05$ ) por la fertilización con las diferentes soluciones nutritivas a los 107, 196 y 227 días después de la poda del ciclo anterior. Sin embargo, en este estudio se observó que el uso de soluciones nutritivas con 0.75 y 0.90 atm de presión osmótica disminuyeron la producción de frutos a los 263 días. Las soluciones nutritivas con presión osmótica de 0.54 y 0.72 atm no incrementaron ( $P>0.05$ ) la producción higos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de frutos (NF, frutos) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	2	15	15	6a
SN2	4	16	15	6a
SN3	1	16	13	5ab
SN4	3	15	14	3c
E.E.M	0.89	0.80	1.12	0.32
	Significancia			
Tratamiento	0.1218	0.5602	0.6567	0.0004

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72, SN3= 0.9 y SN4= 0.75 atm. Muestreos: días después de la poda del ciclo anterior. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El peso de fruto fresco no incrementó con las soluciones nutritivas a los 107, 196 y 227 días (Cuadro 3). Sin embargo a los 263 días, los frutos de los árboles fertilizados con una presión osmótica de 0.75 atm (SN4) mostraron el menor peso fresco.

La conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas es un factor importante en la producción de higo en maceta bajo condiciones de invernadero, mientras mayor sea la CE, mayor será la concentración de sales, es recomendable que la conductividad eléctrica de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1 \text{ dS m}^{-1}$ . Una conductividad eléctrica baja, facilita el manejo de la fertilización y evita problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Carrasco *et al.*, 2007). La solución nutritiva 3 y

4 tuvieron una CE de 2.5 y 2.1 dS m<sup>-1</sup>, esto pudo ser una posible consecuencia a la menor cantidad de frutos producidos, menor peso fresco y seco de los frutos (Cuadros 2, 3 y 4).

Cuadro 3. Peso de fruto fresco (PFF, g) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	2	147	279	151a
SN2	1	177	286	154a
SN3	0	201	263	120a
SN4	1	187	217	51b
E.E.M	1	16	24	9
		Significancia		
Tratamiento	0.5495	0.1894	0.2586	0.0001

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72, SN3= 0.9 y SN4= 0.75 atm. Muestreos: días después de la poda del ciclo anterior. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

A los 107, 196 y 227 días después de la poda del ciclo anterior (Muestreos 1, 2 y 3) no se observaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en el peso de fruto. Mientras que, a los 263 días los frutos de las higueras fertilizadas con las soluciones nutritivas con 0.9 y 0.75 atm de presión osmótica, tuvieron el menor peso seco (Cuadro 4). Los resultados de este estudio demostraron que las higueras disminuyen su producción al final de la cosecha, si son fertilizadas con soluciones con elevada presión osmótica y conductividad eléctrica.

En el muestreo 4 a los 263 días después de la poda del ciclo anterior, las soluciones nutritivas con 0.90 y 0.75 atm de presión osmótica probablemente redujeron la absorción de nutrientes de la higuera, puesto que ya estaban en la fase final del ciclo de producción de la temporada, Adams (1994) afirma que la planta no absorbe nutrimentos en la misma cantidad, durante el ciclo de producción.

Cuadro 4. Peso de frutos secos (PFS, g) de higo fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas en diferentes muestreos después de la poda del ciclo anterior.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	0.24	30	85	28a
SN2	0.14	34	93	27a
SN3	0.01	37	94	20b
SN4	0.06	36	86	10c
E.E.M	0.12	2.86	6.64	1.50
		Significancia		
Tratamiento	0.5505	0.4296	0.688	0.0001

Soluciones nutritivas (SN) con diferentes presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72, SN3= 0.9 y SN4= 0.75 atm. Muestreos: días después de la poda del ciclo anterior. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Las plantas fertilizadas con las soluciones nutritivas con 0.09 y 0.75 atm de presión osmótica, mostraron el menor diámetro ecuatorial. Los resultados de este estudio demostraron que las higueras fertilizadas con las soluciones SN3 y SN4 tuvieron el menor número, peso seco y diámetro ecuatorial del fruto (Cuadros 2, 3 y 4). Sin embargo, con las soluciones nutritivas con

0.54 y 0.72 atm de presión osmótica las plantas tienen mayor número, peso fresco, seco y diámetro ecuatorial del fruto, y rendimiento de frutos por árbol que las higueras fertilizadas con 0.75 atm de presión osmótica.

El diámetro polar y los grados Brix del fruto no se afectaron ( $P>0.05$ ) por las diferentes soluciones nutritivas (Cuadro 4). Mientras que, el rendimiento por árbol se afectó por la fertilización, con la solución nutritiva con 0.75 atm de presión osmótica, estas plantas presentaron el menor rendimiento.

El diámetro polar y el diámetro ecuatorial observados en esta investigación coinciden con lo reportado por Mendoza-Castillo (2013), quienes observaron que la variedad “Netzahualcóyotl” presentó un rango de diámetro polar de 6.90 a 7.91 cm y de diámetro ecuatorial de 4.56 a 5.29 cm.

Cuadro 5. Diámetro ecuatorial (DEF), diámetro polar (DPF), °Brix del fruto y rendimiento de higuera fertilizado con cuatro soluciones nutritivas distintas.

Solución nutritiva (SN)	DEF (cm)	DPF (cm)	°Brix	RPA (g)
SN1	4.6 a	7.6	15.7	5847.0 a
SN2	4.6 a	7.6	16.6	5730.0 a
SN3	4.4 ab	7.8	16.8	5323.5 a
SN4	4.2 b	7.8	16.7	5022.0 b
E. E. M	0.06	0.2	0.5	189.0
<b>Significancia</b>				
Tratamiento	0.0419	0.7958	0.2985	0.0129

Soluciones nutritivas (SN) con diferentes presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72, SN3= 0.9 y SN4= 0.75 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

### **CONCLUSIÓN**

En conclusión, las plantas de higo pueden ser fertilizadas con soluciones nutritivas que contienen 0.54 y 0.72 atm de presión osmótica, sin embargo, no es recomendable aplicar una solución nutritiva con presión osmótica de 0.75 atm.

### **AGRADECIMIENTOS**

El autor principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por la beca otorgada para culminar sus estudios de doctorado.

### **LITERATURA CITADA**

Adams, P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. Acta Hort. 361: 245-257.

- Bayón, C. y B. Ditschar. 2012. El magnesio, un macroelemento a redescubrir para su aplicación en cereales. *Vida Rural*: 62-63.
- Becerra-Sanabria, L. A., S. L. Navia-de Mosquera y C. E. Núñez-López. 2007. Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar ‘Criolla Guaneña’ en el departamento de Nariño. *Revista Latinoamericana de la Papa* 14 (1): 51-60.
- Carrasco, C., P. Ramírez y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en nft. *IDESIA (Chile)* 25 (2): 59-62.
- Carvajal, C. J. F. 1960. Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café. *Rev. Biol. Trop.* 8 (2): 165-179.
- Favela, C. E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- 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 (2): 3931-3943.
- Gutiérrez, V. M. 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21 (1): 127-137.
- Hernández, M. I., M. Chailloux, V. Moreno, M. Mojena y J. M. Salgado. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 30 (4): 71-78.
- Kafkafi, U. y N. Bernstein. 1996. Root growth under salinity stress. pp. 445-451. In: Warsel, Y., A. Eshel y U. Kafkafi (eds.). *Plant root, the hidden half*. 2nd ed. Marcel Dekker, New York.

- Mendoza-Castillo, V. 2013. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L.) en producción forzada bajo cubierta plástica. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.
- 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. *Expl. Agric.*:1-12.
- Preciado-Rangel, P., G. A. Baca-Castillo, J. L. Tirado-Torres, J. Kohashi-Shibata, L. Tijerina-Chávez, y Á. Martínez-Garza. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra* 21 (4): 461-470.
- Quintero, D. R. 1995. Fertilización y nutrición. Valle del Cuca-Colombia, Colombia. 153-177. <file:///C:/Users/Gallo/Downloads/4.pdf>. (Consultada 01 de Junio de 2017)
- Rhoades, J. D. 1993. Advances in Agronomy. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. In: Sparks, D.L (ed): 201-251 pp.
- Romero-Gomezcaña, N. R., P. Sánchez-García, J. Rodríguez-Alcázar y C. Saucedo-Veloz. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. *Agricultura Técnica en México*. 32 (1): 5-15.
- Rincón, José J., Y. Gallardo, M. Leal y Y. Rojas. 2003. Efecto de la relación calcio:fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* (Willd). *Bioagro* 15(2): 97-105.
- SAS Institute. Language guide for personal computers, release 9.4 Edition. SAS Institute Cary N. C. USA 2013. p.1028.
- Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. Proceedings 18th Hydroponic Society of America. 7-17.

Villa, C. M., E. A. Catalán V., M. A. Inzunza I. y A. L. Ulery. 2006. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. Rev. Fitotecnia Mexicana 29 (1): 79 - 88.

**CAPITULO II. CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA Y MINERAL EN FRUTOS,  
HOJAS Y TALLOS DE HIGUERA (*Ficus carica* L.) FERTILIZADA CON DIFERENTES  
SOLUCIONES NUTRITIVAS**

**Ledia Nérida Escorcia-Gutiérrez<sup>1Y</sup>, Roberto Quintero-Lizaola<sup>1</sup>, Víctor Mendoza-Castillo<sup>2</sup>,  
Salvador Miranda-Colín<sup>1</sup>, Apolinar Mejía-Contreras<sup>1</sup>, Tarcisio Corona-Torres<sup>1</sup>, Raúl  
Ayanegui-Méndez<sup>2</sup>, Idalín Escorcia-Gutiérrez<sup>2</sup>, Raúl Jesús Ayanegui-Escorcia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. 56230  
Montecillo, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5. 56230, Estado de  
México, México

<sup>Y</sup>Autor responsable: Nérida Escorcia-Gutiérrez (nery\_escorcia@yahoo.com.mx;  
neridaescorcia@gmail.com).

## RESUMEN

Los frutos de higo pueden ser un complemento importante para la nutrición humana, por su alto contenido de proteína y minerales. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas (SN) con diferentes presiones osmóticas (PO) sobre el contenido de proteína cruda (PC) y minerales en el fruto, hojas y tallos de higo de la variedad “Netzahualcóyotl” en condiciones de invernadero. La presiones osmóticas de las SN evaluadas fueron: 0.54, 0.72 y 0.9 atm. El diseño experimental usado fue un completamente al azar, los datos se analizaron con un análisis de varianza de una vía. Las SN no modificaron ( $P>0.05$ ) el contenido de PC en el fruto, hojas y tallo. El contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en el fruto y hojas no incrementó ( $P>0.05$ ) con las diferentes SN, sin embargo, las plantas fertilizadas con la SN1 mostraron en frutos y hojas el menor ( $P<0.05$ ) contenido de B, y en tallos P y Mn. Las plantas fertilizadas con la SN3 tuvieron la mayor ( $P<0.05$ ) concentración de Cu en tallo. En conclusión las plantas de higo pueden ser fertilizadas con soluciones nutritivas que tengan una presión osmótica de 0.54, 0.72 ó 0.9 atm sin modificar su contenido de proteína en frutos, hojas y tallos. La solución nutritiva con presión osmótica de 0.54 reduce el contenido de boro en frutos y hojas, mientras que en tallos disminuyó el contenido de fósforo y manganeso.

**Palabras clave:** higo, hojas, tallo, proteína cruda, contenido mineral.

# CONTENT OF CRUDE PROTEIN AND MINERAL IN FRUITS, LEAVES AND STEMS OF FIG TREE (*Ficus carica* L.) FERTILIZED WITH DIFFERENT NUTRITIVE SOLUTIONS

## SUMMARY

Fig fruit can be an important supplement for human nutrition, its content of protein and minerals. The objective of this study was to evaluate the effect of three nutrient solutions (NS) with different osmotic pressures (OP) on the crude protein (CP) content and minerals in the fruit, leaves and stems of fig of the variety "Netzahualcoyotl" under Greenhouse conditions. The osmotic pressures in the NS evaluated were: 0.54, 0.72 and 0.9 atm. The experimental design was completely randomized, the data were analyzed with a one-way analysis of variance. The NS did not affect the CP content in the fruit, leaves and stem. The content of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in the fruit and leaves were not ( $P>0.05$ ) affected with the different NS, however, the fertilized plants with NS1 showed the lowest ( $P<0.05$ ) content of B in fruits and leaves, and in stems P and Mn. Fertilized plants with SN3 had the highest ( $P<0.05$ ) concentration of Cu in stem. In conclusion, fig plants can be fertilized with nutrient solutions that have an osmotic pressure of 0.54, 0.72 or 0.9 atm without affecting the protein content in fruits, leaves and stems. The nutrient solution with osmotic pressure of 0.54 reduced boron content in fruits and leaves, while in stems the phosphorus and manganese content decreased

**Index words:** fig, leaves, stems, crude protein, mineral content.

## INTRODUCCIÓN

Una solución nutritiva (SN) contiene los elementos minerales esenciales para el desarrollo de los cultivos, para prepararla es necesario conocer la presión osmótica (PO), conductividad eléctrica, y la relación entre aniones y cationes (Favela *et al.*, 2006). Preciado-Rangel *et al.* (2003) mencionan que la PO de la SN es un factor importante que afecta la absorción de agua y nutrimentos, por consiguiente, el crecimiento y la nutrición de las plántulas durante su desarrollo en contenedores. Ehret y Ho (1996) reportan que una PO alta restringe la absorción de agua y minerales. Un elemento mineral es esencial si en su ausencia la planta es incapaz de completar su ciclo de vida (Gutiérrez, 1997). El potasio (K) está relacionado con el peso de los frutos y una elevada relación Calcio y Magnesio ( $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ ) podría reducir la firmeza y el contenido de materia seca de estos. Por otra parte, elevadas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) disminuyen el potencial hídrico foliar y la conductancia estomática. Dorai *et al.* (2001) encontraron que el uso de amonio ( $\text{NH}_4$ ) como fuente de nitrógeno incrementa el crecimiento de las plantas y el contenido de azúcares, sin embargo disminuye el tamaño de los frutos.

La higuera (*Ficus carica* L.) es un árbol caducifolio perteneciente a la familia Moraceae, es uno de los primeros árboles frutales cultivados en el mundo (Oliveira *et al.*, 2009), sus frutos son una excelente fuente de minerales, vitaminas y fibra dietética con un alto contenido de aminoácidos (Turan y Celik, 2016), son muy apreciados desde la antigüedad por su versatilidad en cuanto a sus formas de consumo, deshidratados se comercializan más fácilmente, ya que son los que más vida de anaquel presentan (Babalís *et al.*, 2006). El cultivo de la higuera bajo condiciones de agricultura protegida es una alternativa para mejorar la producción en México, debido a un incremento del rendimiento, mejor manipulación, reducción de plagas y enfermedades, disminución de pudriciones de frutos y daños por heladas (Mendoza-Castillo *et al.*, 2016). En la revisión de

literatura realizada no se encontró información del efecto del uso de soluciones nutritivas en el desarrollo de frutos de higueras bajo condiciones de invernadero. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas con diferente presión osmótica sobre el contenido de proteína cruda y minerales en frutos, hojas y tallos de higuera de la variedad “Netzahualcóyotl” bajo condiciones de invernadero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal y soluciones nutritivas**

Se utilizaron higueras formadas por el rebrote de tallos productivos de 6 años, provenientes de estacas de huertos familiares de la variedad "Netzahualcóyotl", esta variedad presenta frutos de pericarpio negro y pulpa púrpura pálida. Las plantas fueron establecidas en macetas de plástico de color negro de 40 L, utilizando como sustrato una mezcla de 10% de lombricomposta, 45% de tezontle rojo y 45% de tezontle blanco. Los árboles fueron regados con 1600 mL de solución nutritiva (SN) por planta dos veces al día; a las 8:00 y 14:00 horas (en cada riego se aplicaron 800 mL). Las soluciones nutritivas (tratamientos) experimentales tenían diferente presión osmótica (PO) y conductividad eléctrica (CE), el pH se ajustó a 5.5 con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N (Cuadro 1). Este estudio se realizó en un invernadero localizado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México, ubicado a 19° 27' 30'' latitud Norte y 98° 54' 14'' longitud Oeste, a 2240 m de altitud.

### **Variables evaluadas**

En el mes de julio de 2014 se colectaron frutos, hojas y tallos de tres árboles por tratamiento de cada solución nutritiva y se registró su peso fresco (g), las muestras se lavaron con agua destilada y se deshidrataron a peso constante en una estufa de secado a 70 °C. En la materia seca se evaluó la concentración de proteína y el contenido mineral (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu y Zn).

La concentración de N total se determinó por el método Semimicro-Kjeldhal (Bremner, 1965). La proteína cruda (PC) en frutos, hojas y tallos se calculó multiplicando el contenido de N  $\times$  6.25. El contenido de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu y Zn se realizó por el método de digestión húmeda adicionando ácido perclórico y nítrico (Alcantar y Sandoval, 1999). Las lecturas de los extractos obtenidos después de la digestión y filtrado se determinaron en un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma acoplado (ICP-VARIAN 725-ES).

Cuadro 1. Presión osmótica y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas experimentales para la producción de higo bajo condiciones de invernadero.

SN	Aniones	Cationes	PO (atm)	CE dS m <sup>-1</sup>	pH
1	15	15	0.54	1.5	5.5
2	20	20	0.72	2.0	5.5
3	25	25	0.9	2.5	5.5

NS: Soluciones nutritivas, PO: Presión osmótica (atm) de las soluciones se calculó multiplicando la conductividad eléctrica (CE) por 0.36 (Rhoades, 1993). CE: Conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>), se calculó como lo describió Sonnovel (1997):  $\sum$  cationes/10.

### **Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar, como unidad experimental se consideraron los frutos, hojas y tallos. El peso fresco, la concentración de proteína cruda, y el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu y Zn fueron analizados con un análisis de varianza de una vía, usando el procedimiento MIXED de SAS versión 9.4 (SAS, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de proteína y minerales del fruto de higo

En esta investigación no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en peso fresco de frutos por efecto de las soluciones nutritivas (SN1; 0.54, SN2; 0.72 y SN3; 0.9 atm de PO, respectivamente, Figura 1). Los resultados de este trabajo contrastan con los que reportan Caruso *et al.* (2011) quienes observaron que las plantas de fresa fertilizadas con una SN que tenía 0.79 atm de PO presentaron el menor peso y número de frutos por planta.

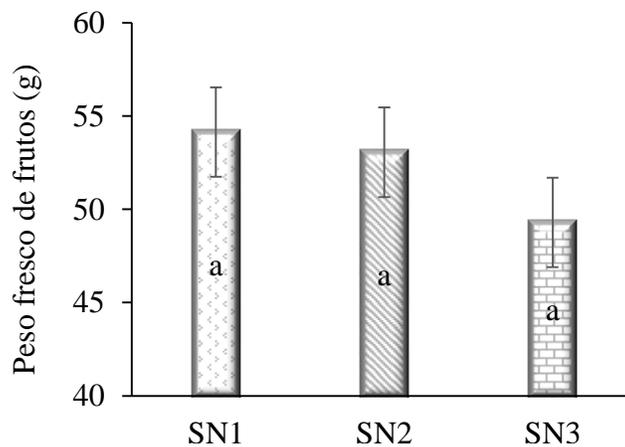


Figura 1. Peso fresco de frutos de higo fertilizado con diferentes soluciones nutritivas (SN).

El contenido de PC de los frutos de higo estadísticamente no fue diferente ( $P>0.05$ ) con la fertilización de las distintas soluciones nutritivas (Figura 2), su promedio fue  $9.0 \pm 1.4\%$ . Estos resultados confirman que el higo es una buena fuente de proteína para la alimentación humana. López-Herrera *et al.* (2014) reportaron que la piña con cascara y pulpa tienen 8.2% de PC. López-Sobaler *et al.* (2016) mencionan que el kiwi tiene un contenido de PC de 11.4%; Ceballos y Montoya (2013) reportaron que la pulpa de aguacate en estado de madurez tiene 6.06% de proteína bruta. Sin embargo, tiene menor contenido de proteína que el mamey, Velázquez *et al.* (2015) observaron que este fruto contiene 21.2% de PC.

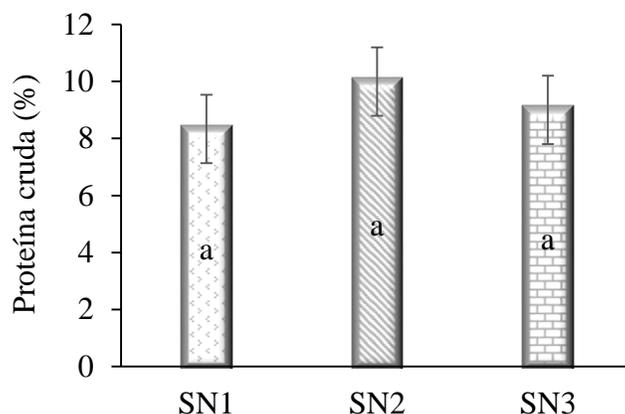


Figura 2. Proteína cruda de frutos de higo fertilizados con diferentes soluciones nutritivas (SN).

La fertilización de las higuera de este estudio con soluciones nutritivas que variaron en su PO (0.54, 0.72 y 0.9 atm) no ( $P > 0.05$ ) modificaron el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en el fruto. Sin embargo, la menor concentración de B se observó en los frutos de las plantas fertilizadas con la SN1 que tenía 0.54 atm de PO (Cuadro 2).

Los resultados demostraron que los higos tienen mayor contenido de minerales comparados con la pulpa de manzana (Golden delicious), Mancera-López *et al.* (2007) reportaron que la pulpa contiene 19.18 mg/kg de Fe, 1.71 mg/kg de Mn, 3.6 mg/kg de Zn, 2.03 mg/kg de Cu y 21.13 mg/kg de B.

El consumo de frutos de higo aporta una cantidad considerable de minerales que necesita el cuerpo humano (Cuadro 2), con una pequeña cantidad se pueden cubrir las necesidades de Ca y P. García (2006) reporta que las necesidades de un adulto (mayor a 18 años) sano son: Ca; 550 mg/día, P; 400 mg/día, Zn; 7.5 mg/día, Cu; 0.8 mg/día. Por su parte, Villegas y Navarro (1991) mencionan que las necesidades de un deportista son: 400 a 1000 mg de Ca/día, 0.8 a 1.5 g de P/día, 120 mg de Mg/día, 2.5 a 5 mg de Cu/día, 10 a 15 mg de Zn/día.

Cuadro 2. Contenido mineral del fruto de higo variedad Nezahualcóyotl fertilizado con diferentes soluciones nutritivas.

Mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	Solución nutritiva			E. E. M.	P-valor
	SN1	SN2	SN3		
N (%)	1.31	1.57	1.42	0.2	0.3988
P	1667	1922	1957	108.5	0.0707
K	6022	8491	7490	889.7	0.0823
Ca	3272	4924	4763	999.0	0.2665
Mg	1772	1929	1699	81.9	0.0746
Fe	71	101	63	44.8	0.6885
Mn	11	17	15	2.0	0.0848
B	16b	21a	20ab	1.6	0.0496
Cu	5	5	3	1.5	0.3934
Zn	17	20	17	4.6	0.732

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

### **Contenido de proteína cruda y minerales de la hoja**

El peso de las hojas frescas fue similar ( $P > 0.05$ ) al fertilizar las plantas con las distintas soluciones nutritivas (Figura 3). Las hojas de higuera son una alternativa de forraje para la alimentación de rumiantes.

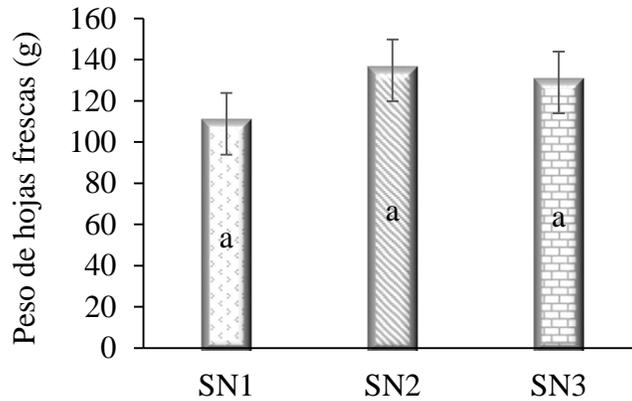


Figura 3. Peso de hojas frescas de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).

La proteína cruda de las hojas no incrementó con la fertilización de diferentes soluciones nutritivas. El promedio fue de  $14 \pm 1.5\%$ , lo que la hace ser una alternativa para la alimentación de caprinos, ovinos y bovinos (Figura 4).

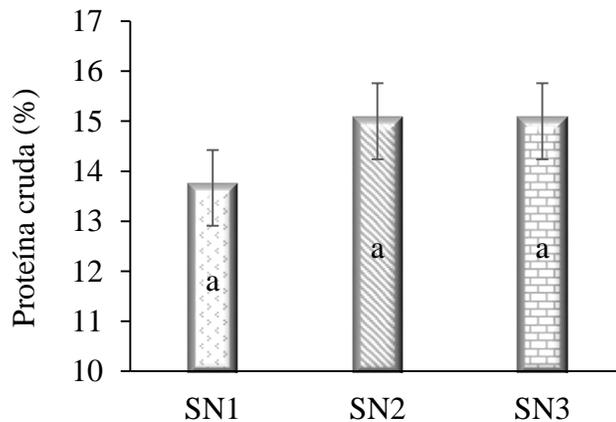


Figura 4. Proteína cruda de la hoja de higuera de la variedad Nezahualcóyotl fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).

No hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) estadísticas en el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en las hojas de higueras fertilizadas con soluciones nutritivas que tenían 0.54, 0.72 y 0.9 atm de PO. Sin embargo, la menor ( $P < 0.05$ ) concentración de B se observó en las hojas de las plantas

fertilizadas con la solución nutritiva (SN1) que tenía 0.54 atm de PO (Cuadro 3). Las concentraciones de B son mayores en hojas que en tallos, mientras que el contenido menor de 15 mg kg<sup>-1</sup> en hojas son síntomas de deficiencia (Alarcón, 2001). La afirmación anterior demostró que las plantas de este estudio no fueron deficientes en B, y se comprobó que las hojas presentan mayor contenido de este mineral que los tallos.

La concentración de minerales de la hoja de higuera es similar a los observados por Brem *et al.* (2012) en las hojas de morera, las cuales contienen 133.33 mg/kg de Fe, 6.19 mg/kg de Cu, 25.33 mg/kg de Mn, 23.2 mg/kg de Zn.

Las hojas de higuera de este estudio presentaron mayor contenido de Fe, Mn y B que las hojas de manzano (Golden Delicious × Adassim Red). Estas en estado de cosecha contienen 87.83 mg/kg de Fe, 24.59 mg/kg de Mn, 34.42 mg/kg de Zn, 11.76 mg/kg de Cu y 26.66mg/kg de B (Casierra-Posada *et al.*, 2003).

Con el uso de hojas de higuera en la alimentación de rumiantes es posible cubrir una cantidad considerable de minerales que un caprino requiere diariamente, un animal de 30 kg requiere 2 g de Ca y 1.4 g de P por día (NRC, 1981).

Cuadro 3. Contenido mineral de hoja de higuera variedad Nezahualcóyotl fertilizada con diferentes soluciones nutritivas.

Mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	Solución nutritiva			E. E. M.	P-valor
	SN1	SN2	SN3		
N (%)	2.2	2.4	2.4	0.2	0.4688
P	1539	1614	1464	109.8	0.4444
K	7447	8592	9028	1230.9	0.4621
Ca	15012	16911	17634	1894.8	0.4151
Mg	5357	5768	5840	369.2	0.4226
Fe	320	281	365	31.1	0.0918
Mn	103	124	131	12.8	0.1585
B	128b	139ab	148a	5.9	0.0417
Cu	7	4	6	1.1	0.0851
Zn	26	35	33	4.1	0.1491

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

#### **Contenido de proteína cruda y minerales del tallo**

La fertilización con las diferentes soluciones nutritivas no incrementaron ( $P > 0.05$ ) el peso de los tallos (Figura 5).

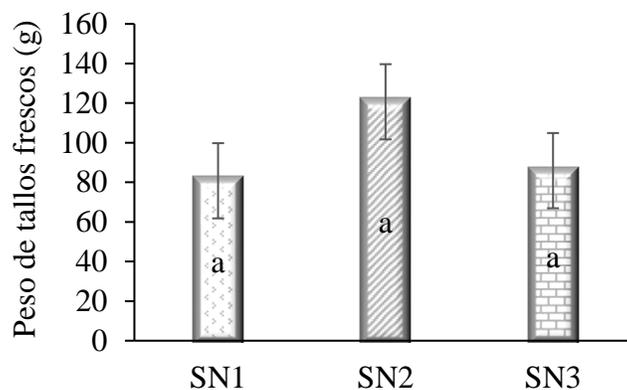


Figura 5. Peso de tallos de higuera fertilizada con diferentes soluciones nutritivas (SN).

La proteína cruda no ( $P > 0.05$ ) fue estadísticamente diferente con la fertilización de diferentes SN.

El promedio de PC fue de  $7 \pm 0.44\%$  (Figura 6).

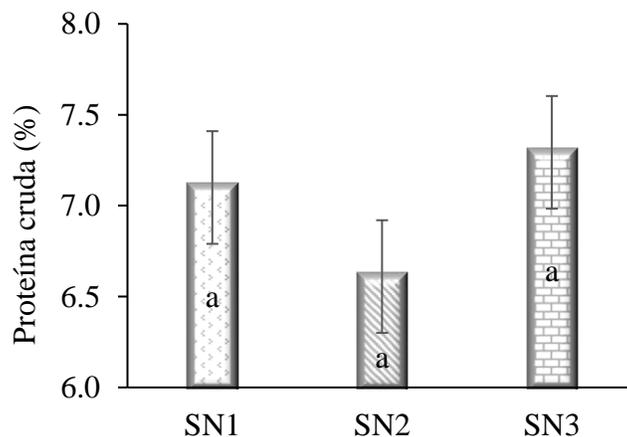


Figura 6. Proteína cruda del tallo de higuera fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).

Se observaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en el contenido de P, Mn y Cu en el tallo con la fertilización de las diferentes SN. Los tallos de las plantas fertilizadas con la SN1 (0.54 atm de PO) tuvieron el menor contenido de P y Mn (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido mineral del tallo de higuera variedad Nezahualcóyotl fertilizada con diferentes soluciones nutritivas.

Mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	Solución Nutritiva			E. E. M.	<i>P</i> -valor
	SN1	SN2	SN3		
N (%)	1.1	1.1	1.2	0.05	0.1477
P	2158 b	2440 a	2589 a	101.6	0.0145
K	4803	5446	5778	375.3	0.0989
Ca	5931	5158	5601	1402.7	0.8613
Mg	2926	2891	2857	154.3	0.9063
Fe	63	61	64	18.2	0.9904
Mn	25b	32a	32a	2.2	0.0476
B	24	25	22	2.0	0.5018
Cu	7b	6b	14a	2.1	0.0239
Zn	21	28	25	8.1	0.7261

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Los tallos de plantas fertilizadas con la SN3 (0.9 atm de PO) presentaron la mayor concentración de Cu. Es importante mencionar que en la revisión de literatura realizada no se encontraron parámetros para comparar el contenido de minerales en el tallo, sin embargo, el P y Mn no se modificaron en el fruto y hojas de este estudio, lo que demuestra que las plantas no se encontraban en deficiencia de P y Mn.

Los tallos de este frutal presentaron mayor concentración de Cu, Fe y Mn al compararlos con los tallos de *Agave angustifolia* [Cu (3.1 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (60.5 mg kg<sup>-1</sup>) y Mn (5.1 mg kg<sup>-1</sup>, Cruz *et al.*, 2013)]. Se recomienda incorporar los tallos de la poda de estos árboles al suelo como una alternativa de fertilización. Solla-Gullón *et al.*, (2001) observaron que la incorporación de cenizas de corteza procedentes de la industria maderera incrementó las concentraciones de Ca y Mg en la planta.

### **CONCLUSIÓN**

Las plantas de higuera pueden ser fertilizadas con soluciones nutritivas que tengan una presión osmótica de 0.54, 0.72 ó 0.9 atm sin alterar el contenido de proteína en frutos, hojas y tallos. Sin embargo, la solución nutritiva con 0.54 atm de presión osmótica modificaron el contenido de B en frutos y hojas, y en tallos P y Mn.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-México para culminar los estudios de doctorado.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón, V. A. L. 2001. El boro como nutriente esencial. *Horticultura* 155: 1-11.
- Alcantar, G. G., M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Espacial No. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Babalís, S. J., E. Papanicolaou, N. Kyriakis y V. G. Belessiotis. 2006. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). *Journal of Food Engineering* 75: 205-214.
- Brem, J. J., M. L. Ortiz, H. E. Trulls, A. Zach y J. C. Brem. 2012. Comportamiento estacional del contenido mineral en hojas de *Morus spp* utilizadas en la alimentación de caprinos. *Rev. Vet.* 23: 2, 116-119.
- Bremner J. M. 1965. Total nitrogen. In. *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy* 9. Black C. A. (ed.) pp. 1149-1178. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Caruso, G., G. Villari, G. Melchionnac and S. Contic. 2011. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 129: 479-485.
- Casierra-Posada, F., L. F. Cortes, J. Ramírez y H. Castro Franco. 2003. Estado nutricional de árboles de manzano ‘Anna’ durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos. I. contenido de elementos minerales. *Agronomía Colombiana*: 21 (1-2): 75-82
- Ceballos, P. A. M. y S. Montoya B. 2013. Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11 (1): 103-112.

- Cruz G. H., J. R. Enríquez-del Valle, V. A. Velasco V., J. Ruiz L., G. V. Campos Á. y D. E. Aquino G. 2013. Nutrientes y carbohidratos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1161-1173
- Dorai, M., A. P. Papadopoulou and A. Gosselin. 2001. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
- Ehret, D.L. and C. Ho. 1986. Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth of tomato fruit. *J. Exp. Bot.* 182: 1294-1302.
- Favela, C. E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- García, G. A. 2006. Ingesta de Nutrientes: Conceptos y Recomendaciones Internacionales (1ª Parte). *Nutr Hosp.* 21(3): 291-299.
- Gutiérrez, V. M. 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21 (1): 127-137.
- López-Herrera, M., R. WingChing-Jones y A. Rojas-Bourrillón. 2014. Meta-análisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. *Agron. Mesoam.* 25(2): 383-392.
- López-Sobaler, M. A., A. Aparicio V. y R. M. Ortega A. 2016. Beneficios nutricionales y sanitarios asociados al consumo de kiwi. *Nutr. Hosp.*: 33(Supl. 4): 21-25.
- Mancera-López, M. M., J. M. Soto-Parra, E. Sánchez-Chávez, R. M. Yáñez-Muñoz, F. Montes-Domínguez y R. R. Balandrán-Quintana. 2007. Caracterización mineral de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' de dos países productores. *Tecnociencia* 1 (2): 6-17.

- 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. *Expl. Agric.*:1-12.
- NRC (National Research Council). 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. Committee on Animal Nutrition, National Research Council.100 p.
- Oliveira, P. A., P. Valentão, J. A. Pereira, B. M. Silva, F. Tavares y P. B. Andrade. *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. 2009. *Food and Chemical Toxicology* 47: 2841-2846.
- Preciado-Rangel, P., G. A. Baca-Castillo, J. L. Tirado-Torres, J. Kohashi-Shibata, L. Tijerina-Chávez, y Á. Martínez-Garza. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra* 21 (4): 461-470.
- Rhoades, J. D. 1993. Advances in Agronomy. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. In: Sparks, D.L (ed): 201-251 pp.
- SAS Institute. Language guide for personal computers, release 9.4 Edition. SAS Institute Cary N. C. USA 2013. p.1028.
- Solla-Gullón, F., R. Rodríguez-Soalleiro, A. Merino. 2001. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 16 (3): 379-393.
- Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. Proceedings 18th Hydroponic Society of America. 7-17.

- Turan, A. y I. Celik. 2016. Antioxidant and hepatoprotective properties of dried fig against oxidative stress and hepatotoxicity in rats. *International Journal of Biological Macromolecules* 91: 554-559.
- Velázquez, P. K., B. Alvarado S. y A. Reyes M. 2015. Historia del mamey *Pouteria sapota*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 2 (3): 55-63.
- Villegas, G. J. A. y Z. Navarro. S. 1991. Necesidades nutricionales en deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte*. VIII (30): 169-179.

**CAPÍTULO III. EFECTO DE DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LAS  
HOJAS, TALLOS Y FRUTOS DE HIGO (*Ficus carica* L.) BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

**Ledia Nérida Escorcia-Gutiérrez<sup>1</sup>φ, Roberto Quintero-Lizaola<sup>1</sup>, Víctor Mendoza-Castillo<sup>2</sup>,  
Salvador Miranda-Colín<sup>1</sup>, Apolinar Mejía-Contreras<sup>1</sup>, Tarcisio Corona-Torres<sup>1</sup>, Raúl  
Ayanegui-Méndez<sup>2</sup>, Idalín Escorcia-Gutiérrez<sup>2</sup>, Aylin Yaretzi Ayanegui-Escocia**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. 56230  
Montecillo, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5. 56230, Estado de  
México, México

φAutor responsable: Nérida Escorcia-Gutiérrez (nery\_escorcia@yahoo.com.mx;  
neridaescorcia@gmail.com).

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas con diferente presión osmótica en el número de hojas, área foliar, longitud y diámetro del tallo, características físicas del fruto y rendimiento por hectárea. Las presiones osmóticas de las SN evaluadas fueron: 0.54, 0.72 y 0.9 atm. El periodo experimental duró 263 días, en los que se realizaron cuatro muestreos a los 107, 196, 227 y 263 días, en cada uno se evaluó el número de hojas, área foliar, la longitud del tallo. En el tercer muestreo (227 días) se registró el peso fresco, seco, contenido de humedad del fruto y rendimiento por hectárea. El diseño experimental fue completamente al azar, los datos se analizaron con un análisis de varianza de una vía. La fertilización con las diferentes soluciones nutritivas no afectaron ( $P>0.05$ ) en número de hojas, área foliar, longitud de tallo, peso fresco, seco, contenido de humedad del fruto y rendimiento por planta y por hectárea. En conclusión las higueras soportan la fertilización con soluciones nutritivas con presión osmótica que van de 0.54, 0.72 y 0.9 atm sin afectar las características físicas de las hojas, tallos y frutos, y rendimiento por hectárea.

**Palabras clave:** Higo, hojas, área foliar, tallo, rendimiento por hectárea.

**EFFECT OF DIFFERENT NUTRITIVE SOLUTIONS ON LEAVES, STEMS AND FIG  
OF FIG TREE (*Ficus carica* L.) UNDER GREENHOUSE**

**SUMMARY**

The objective of this research was to evaluate the effect of three nutrient solutions with different osmotic pressure on the number of leaves, leaf area, stem length and diameter, physical characteristics of the fruit and yield per hectare. The osmotic pressures of the NS evaluated were: 0.54, 0.72 and 0.9 atm. The experimental period lasted 263 days, in which four samplings were performed, at 107, 196, 227 and 263 days, in each one the number of leaves, leaf area and stem length were evaluated. In the third sampling (227 days) the fresh weight, dry weight, moisture content of the fruit and yield per hectare were recorded. The experimental design was completely randomized, data were analyzed with a one-way ANOVA. Fertilization with different nutrient solutions did not affect ( $P>0.05$ ) leaf number, leaf area, stem length, fresh weight, dry weight, fruit moisture content and yield per plant and per hectare. In conclusion, fig trees support the use of nutrient solutions with osmotic pressure of 0.54, 0.72 and 0.9 atm without affecting the physical characteristics of leaves, stems and fruits, and yield per hectare.

***Index word:*** Fig, leaves, leaf area, stem, yield per hectare.

## INTRODUCCIÓN

Las hojas y los tallos en las higueras tienen funciones importantes en el crecimiento y producción. Las hojas son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo, estos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Pérez-Urria, 2009). La determinación del área foliar es fundamental en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, con ésta se puede determinar la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y calidad de la cosecha (Ruiz-Espinoza *et al.*, 2007). El estado nutricional de un árbol se puede determinar evaluando el largo y diámetro de sus tallos. Puesto que, el tallo tiene funciones tan importantes como conducir la savia, sostener las hojas, flores y frutos, actúa como órgano de reserva acumulando sustancias elaboradas o simplemente agua, también es un órgano de propagación (Sotomayor, 1976). Una solución nutritiva es una solución acuosa que contiene todos los macro y micro nutrientes esenciales para las plantas (Alarcón, 2002). La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de transporte de electrones en la solución nutritiva. Se utiliza como una medida indirecta que indica la cantidad de iones presentes en una solución nutritiva. El parámetro de CE ( $\text{dSm}^{-1}$ ) se utiliza comúnmente como un criterio de control sobre el nivel de nutrientes en la solución nutritiva (Schwarz *et al.*, 2001). La presión osmótica (PO) es la fuerza de unión entre los iones en suspensión con las moléculas de agua. Si la concentración de iones aumenta, también la fuerza total de unión entre los iones y las moléculas de agua. Esta fuerza limita el libre movimiento del agua y afecta el proceso de absorción de nutrientes. La PO se puede estimar mediante la siguiente ecuación:  $\text{PO (atm)} = 0.36 \times \text{CE}$  (Favela *et al.*, 2006). En la revisión de literatura no se encontró información sobre el efecto de soluciones nutritivas en los árboles y frutos de higo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación

fue evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas con diferente presión osmótica en el número de hojas, área foliar, longitud, características físicas del fruto y rendimiento por hectárea de higos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal y soluciones nutritivas**

Este estudio se realizó en un invernadero localizado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México, ubicado a 19° 27' 30'' latitud Norte y 98° 54' 14'' longitud Oeste, a 2240 m de altitud. El periodo experimental tuvo una duración de 263 días, inició el 10 de diciembre de 2013 y finalizó el 29 de agosto de 2014. Se utilizaron higueras formadas por el rebrote de tallos productivos de 6 años, provenientes de estacas de huertos familiares de la variedad "Netzahualcóyotl", esta variedad presenta frutos de pericarpio negro y pulpa púrpura pálida.

Las higueras fueron establecidas en macetas de plástico de color negro de 40 L, utilizando como sustrato una mezcla de 10% de lombricomposta, 45% de tezontle rojo y 45% de tezontle blanco. Se colocaron con una separación de 0.5 m entre plantas y 1.5 m entre hileras obteniendo una población de 13 333 plantas ha<sup>-1</sup>. En cada planta se manejaron seis tallos productivos, con 18 frutos cada uno, por lo que se realizaron podas de yemas laterales y apicales. Los árboles fueron regados con 1600 mL de solución nutritiva (SN) por planta dos veces al día; a las 8:00 y 14:00 horas (en cada riego se aplicaron 800 mL). Las soluciones nutritivas (tratamientos) experimentales tenían diferente presión osmótica (PO) y conductividad eléctrica (CE), el pH se ajustó a 5.5 con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presión osmótica y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas (SN) experimentales.

SN	Aniones	Cationes	PO (atm)	CE dS m <sup>-1</sup>	pH
1	15	15	0.54	1.5	5.5
2	20	20	0.72	2.0	5.5
3	25	25	0.9	2.5	5.5

NS: Soluciones nutritivas, PO: Presión osmótica (atm) de las soluciones se calculó multiplicando la conductividad eléctrica (CE) por 0.36 (Rhoades, 1993). CE: Conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>), se calculó como lo describió Sonnoval (1997):  $\sum \text{cationes}/10$ .

### **Variables evaluadas**

Se realizaron cuatro muestreos a los 107, 196, 227 y 263 días del experimento en los que se evaluó el número de hojas, área foliar, longitud y diámetro de los tallo (en cada muestreo se evaluaron 6 tallos por árbol, 3 árboles por muestreo). En el tercer muestreo a los 227 días se evaluó el peso fresco, seco y contenido de humedad de los frutos (se evaluaron 6 frutos por árbol, 12 árboles por tratamiento), rendimiento por planta (12 árboles/tratamiento) y por hectárea.

### **Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar, en la variable número de hojas por tallo la unidad experimental fueron los tallos. Las hojas fue la unidad experimental en la variable área foliar. Para las variables longitud y diámetro de tallo la unidad experimental fue el tallo. En el peso seco, fresco y contenido de humedad la unidad experimental fue el fruto, mientras que para el rendimiento por planta la unidad experimental se consideró los frutos. Todas las variables fueron analizadas con un ANOVA de una vía usando el procedimiento MIXED de SAS versión 9.4 (SAS, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de hojas por tallo no fue diferente ( $P>0.05$ ) con la aplicación de las diferentes soluciones nutritiva en los distintos tiempos de muestreo (Cuadro 2). En un estudio con albahaca en cual las hojas son el producto comercial, Carrasco *et al.* (2007) observaron que las plantas pueden soportar una presión osmótica de 0.54, 1.08 y 1.62 atm (CE: 1.5, 3 y 4.5 dSm<sup>-1</sup>) sin afectar su número de hojas por planta. Las hojas en la higuera son órganos especializados en interceptar la luz necesaria para la actividad fotosintética (Medina *et al.*, 2008). Pereira (2016) reportó que las hojas de este frutal presentan un tamaño entre 10 y 20 cm, tienen una coloración verde brillante, con pelos cortos y rígidos que le dan un tacto áspero.

Cuadro 2. Número de hojas por tallo de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	12	16	16	14
SN2	12	18	18	13
SN3	12	17	17	14
E. E. M.	0.58	1.21	2.07	0.99
	<i>P-valor</i>			
Tratamiento	0.6632	0.4818	0.618	0.2568

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ).

La determinación del área foliar es fundamental para determinar la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y calidad de la cosecha (Ruiz-Espinoza *et al.*,

2007). En este estudio el área foliar no fue estadísticamente diferente ( $P>0.05$ ) por la aplicación de las diferentes soluciones nutritivas (Cuadro 3). Esto demuestra que se pueden utilizar las soluciones nutritivas evaluadas sin afectar el área foliar de la higuera.

Cuadro 3. Área foliar ( $\text{dm}^2$ ) de hojas de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	1217	3161	2828	2467
SN2	1354	3178	3490	2277
SN3	1360	2973	3228	2502
E. E. M.	223	267	230.34	276
	<i>P-valor</i>			
Tratamiento	0.7801	0.7089	0.204	0.6934

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ).

La longitud del tallo no ( $P>0.05$ ) fue diferente entre higueras con la soluciones nutritivas evaluadas en los distintos muestreos (Cuadro 4). El registro continuo de la longitud y diámetro del tallo ha sido propuesto como una herramienta útil para evaluar el estado hídrico y nutricional de frutales (Shackel *et al.*, 1997), sin embargo, en la revisión de literatura realizada no se encontraron parámetros para comparar los tallos de higuera de este estudio.

Cuadro 4. Longitud del tallo (cm) de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	38	96	85	96
SN2	43	91	93	90
SN3	43	79	88	89
E. E. M.	3.67	4.12	8.98	3.11
	<i>P-valor</i>			
Tratamiento	0.613	0.0592	0.6828	0.1205

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El diámetro de tallo no ( $P > 0.05$ ) fue diferente en las higuera fertilizadas con las distintas soluciones nutritivas (Cuadro 5). El tallo tiene funciones importantes en la higuera como son la conducción, la fotosíntesis y el almacén de sustancias, su crecimiento depende de la información genética de la planta y su estado nutricional (Megías *et al.*, 2015). La higuera es un frutal que soporta soluciones nutritivas con 0.54 atm de PO, probablemente porque puede almacenar nutrientes en los tallos para tiempos de carencia.

Cuadro 5. Diámetro del tallo (cm) de higueras fertilizadas con diferentes soluciones nutritivas.

Solución nutritiva (SN)	Muestreos (días)			
	107	196	227	263
SN1	1	1.3 a	1	1.2333
SN2	1	1.2 b	1	1.1722
SN3	1	1.2 b	1	1.3278
E. E. M.	0.09	0.04	0.05	0.4752
	<i>P-valor</i>			
Tratamiento	0.6143	0.0927	0.2317	0.4752

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El higo ha sido cultivado desde la antigüedad, por su agradable sabor, aroma y color, tanto externo como interno y se considera altamente nutritivo. En el presente estudio no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el peso fresco del fruto por la fertilización con las distintas soluciones nutritivas (Cuadro 6).

El contenido de humedad de los frutos no fue diferente ( $P > 0.05$ ) por la fertilización con las distintas soluciones nutritivas (Cuadro 6). Pereira (2016) mencionó que el agua es el componente mayoritario, al igual que en otras frutas, el higo contiene entre 70 y 80%. El exceso de agua hace que los frutos sean más sensibles al desarrollo de microorganismos y por lo tanto, a la disminución de su vida útil. Pereira *et al.* (2015) reportaron que el peso de los frutos en estado maduro depende de la variedad y se puede encontrar desde los 30 a los 60 g. El peso fresco y el contenido de humedad de los higos de este estudio coinciden con los reportados por Shahbazi y Rahmati (2013)

quienes mencionan que el peso del higo en estado maduro se encuentra en un rango entre los 20 g como mínimo y 69 g como máximo, con un contenido de humedad de 81.13%.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con distintas soluciones nutritivas sobre el fruto de higo y su rendimiento por hectárea.

Variable	SN1	SN2	SN3	E. E. M.	<i>P-value</i>
Peso fresco de higo (g)	54	53	49	2.36	0.1138
Peso seco de higo (g)	7	7	6	0.36	0.1209
Contenido de humedad en higo (%)	87	87	87	0.59	0.6371
Rendimiento por planta (g)	5850	5730	5323.5	180.39	0.1121
Rendimiento por hectárea (t)	78	77	71	3.43	0.1149

Soluciones nutritivas (SN) con diferente presión osmótica: SN1= 0.54, SN2= 0.72 y SN3= 0.9 atm. E. E. M: Error estándar de la media. Medias con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Los rendimientos por hectárea de este estudio coinciden con los reportados por Mendoza-Castillo *et al.* (2016) quienes observaron que el rendimiento plantas de la variedad Nezahualcóyotl con seis tallos bajo condiciones de invernadero tienen una producción de 78.6 t ha<sup>-1</sup> y los frutos alcanzan un peso fresco de 52.37 g. En contraste, el rendimiento por hectárea en cultivos a cielo abierto son menores, Flaishman *et al* (2008) reportan que la higuera en huertos a cielo abierto alcanzan un rendimiento entre 5 y 12 t ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSIÓN

Los higueras en condiciones bajo invernadero soportan la aplicación de soluciones nutritivas con presión osmótica de 0.54, 0.72 y 0.9 atm sin afectar su número de hojas, longitud del tallo, peso fresco, peso seco y contenido de humedad en frutos, y rendimiento por hectárea.

## AGRADECIMIENTOS

El autor principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por la beca otorgada para culminar sus estudios de Doctorado.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón, V. A. 2002. Consideraciones necesarias en la preparación de la solución nutritiva. *Vida rural* 6: 36-40.
- Carrasco, G., P. Ramírez y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. *IDESIA (Chile)* 25 (2): 59-62.
- Favela, C. E., P. Preciado R. y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Flaishman, A. M., V. Rodov y E. Stover. 2008. The Fig: Botany, Horticulture, and Breeding. *Horticultural Reviews*, Volume 34, Edited by Jules Janick. ISBN 9780470171530.
- Medina, I. C., D. Sánchez, G. Camayo, M. Lobo y E. Martínez. 2008. Anatomía foliar comparativa de materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) con y sin espinas. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(1): 5-13.
- Megías, M., P. Molist y M. A. Pombal. 2015. Atlas de histología vegetal y animal, Órganos vegetales. El tallo. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud: 16 pp.
- 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. *Expl. Agric.*:1-12.

- Pereira, C. 2016. Comportamiento agronómico y estudio del punto óptimo de maduración nutricional y funcional de variedades de higuera interesantes para consumo en fresco. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. 350 p.
- Pereira, C., M. J. Serradilla, A. Martín, M. del C. Villalobos, F. Pérez-Gragera, M. López-Corrales. 2015. Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae* 185: 121:128.
- Pérez-Urria, C. E. 2009. Fotosíntesis: Aspectos Básicos. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 1-47.
- Rhoades, J. D. 1993. Advances in Agronomy. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. In: Sparks, D.L (ed): 201-251 pp.
- Ruiz-Espinoza, F. H., B. Murillo-Amador, J. L. García-Hernández, E. Troyo-Diéguéz, A. Palacios-Espinoza, A. Beltrán-Morales, L. Fenech-Larios, S. Zamora-Salgad, P. Marrero-Labrador, A. Nieto-Garibay y O. Cruz de la Paz. 2007. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 29-34.
- Shackel, K.A., Ahmadi, H., Biasi, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinghe, S., Hasey, J., Kester, D., Krueger, B., Lampinen, B., McGourty, G, Micke, W., Mitcham, E., Olson, B., Pelletrau, K., Philips, H., Ramos, D., Schwankl, L., Sibbett, S., Southwick S., Stevenson, M., Thorpe, M., Weinbaum, S. y Yeager, J. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology*, 7: 23-29.
- SAS Institute. Language guide for personal computers, release 9.4 Edition. SAS Institute Cary N. C. USA 2013. p.1028.

- Schwarz, D., P. Klaring H., T. Ingram T. and Y. Hung C. 2001. Model-based Control of Nutrient Solution Concentration Influences Tomato Growth and Fruit Quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126 (6): 778-784.
- Shahbazi, F. and S. Rahmati. 2013. Mass modeling of fig (*Ficus carica* L.) fruit with some physical characteristics. *Food Science and Nutrition* 1(2): 125-129.
- Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. *Proceedings 18th Hydroponic Society of America*. 7-17.
- Sotomayor, S. C. 1976. Diámetro versus perímetro de tronco como parámetro de crecimiento en durazneros. *Agricultura Técnica (Chile)*. 36: 186-188.