



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VITROPLANTAS DE HIGO (*Ficus carica* L.) BAJO INVERNADERO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA**

**ISAC SOZA GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES**

**San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2022**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VITROPLANTAS DE HIGO (*Ficus carica* L.) BAJO INVERNADERO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA**

**ISAC SOZA GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES**

**ASESORES**

**DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ**

**M. C. FABIEL VÁZQUEZ CRUZ**

**San Juan, Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2022**

La presente tesis titulada: Crecimiento y desarrollo de vitroplantas de higo (*Ficus Carica* L.) bajo invernadero y realizada por Isac Soza Garcia ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

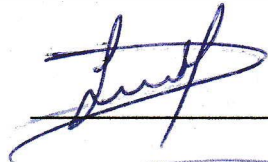
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:


Firma

Director: Dr. Luis Antonio Domínguez Perales




---

Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández



---

Asesor: M.C. Fabiel Vázquez Cruz



---

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2022

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: Agrobiotecnología y Recursos Naturales y de la Línea de Investigación: Biotecnología, Conservación y Protección Vegetal. Dicho trabajo, fue financiado por: Con recursos propios.

## DEDICATORIA

Le dedico a mi Mamá que me dio todo el amor desde mi nacimiento y que gracias al entorno familiar que tuve desde niño pude lógralo, a ese esfuerzo con el que día a día haz estado para mí.

A mi tía Tomi que me apoyado durante todo este periodo universitario que ha sido un padre para mí, a ese esfuerzo que tenías en tu día a día para que yo pudiera concluir mis estudios.

También mi tía Roxs por apoyarme todo este tiempo de cualquier forma posible, además de ese apoyo moral que me daba ánimos en todo momento.

A mi familia, tíos hermanas y primos que estuvieron conmigo en todo momento dándome amor familiar.

Así mismo a Mary por ayudarme y haberme compartido esa chispa de su ser en estos últimos años y en todo este tiempo que estuviste para mí, a ti Jaimich mi buen Jesús que has sido una persona muy noble, que me ayudó mucho, a ti Ianira que me apoyaste en este último periodo de conclusión.

También agradezco mucho a todas aquellas personas que se acercaron y me dieron algún consejo, con los que conviví en algún momento y me hicieron sentir como en familia., en especial a Gaby S y Clarita S.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias padre Dios por haberme iluminado en este camino, por sentir esa energía que me ha guiado todo este tiempo y sentirme plenamente feliz.

Dr. Luis Antonio Domínguez Perales. Gracias por haberme dado la oportunidad de realizar mi tema de investigación, a los cursos que me impartió y la disponibilidad que tuvo en todo momento, asimismo de los espacios donde me compartió sus conocimientos y me apoyo para terminar mi investigación, además de la motivación personal, muchas gracias Doc.

Dr. Sigfrido David Morales Fernández. Gracias por el apoyo que me brindo, por la disponibilidad, además de todos los conocimientos que me apporto en mi formación, a todos los cursos que me impartió. Y los consejos que me compartió se lo agradezco mucho.

M.C. Fabiel Vázquez Cruz. Gracias Inge por ser parte de mi formación a todas sus clases impartidas, y sus conocimientos. Por la disponibilidad que tuvo, incluso desde la solicitud de becas, y otros procesos educativos.

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRAC</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II.OBJETIVOS</b> .....	3
2.1    Objetivo general.....	3
2.2    Objetivos específicos .....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1    Origen .....	5
4.2    Clasificación taxonómica.....	5
4.3    Importancia económica.....	6
4.4    Descripción morfológica.....	6
4.4.1    Raíz.....	6
4.4.2    Hojas.....	7
4.4.3    Copa.....	7
4.4.4    Tronco y ramas .....	7
4.4.5    Yemas .....	8
4.4.6    Flores .....	8
4.4.7    Fruto .....	8
4.5    Requerimientos edafoclimáticos.....	9

4.5.1	Temperatura.....	9
4.5.2	Temperatura base del higo.....	9
4.5.3	Clima .....	9
4.5.4	Suelo .....	9
4.6	Métodos de propagación .....	10
4.6.1	Propagación sexual.....	10
4.6.2	Propagación por estacas.....	10
4.6.3	Propagación por acodo aéreo.....	10
4.7	Propagación <i>in vitro</i> de higo.....	10
4.7.1	Micro propagación.....	10
4.8	Cultivo de higo bajo invernadero.....	11
4.9	Crecimiento.....	12
4.10	Desarrollo .....	12
4.11	Fenología.....	12
4.12	Fases fenológicas.....	13
4.13	Fenología del higo.....	14
4.14	Grados días de desarrollo .....	14
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
5.1	Ubicación.....	15
5.2	Material vegetal .....	15
5.3	Establecimiento y conducción del experimento .....	16
5.4	Diseño Experimental.....	16
5.5	Diseño de los tratamientos .....	16
5.6	Variables evaluadas .....	17
5.6.1	Brotación inicial .....	17

5.6.2	Días a brotación .....	17
5.6.4	Aparición del primer sicono por tallo productivo .....	17
5.6.5	Longitud y diámetro de brotes.....	17
5.6.7	Maduración del primer sicono.....	18
5.6.8	Diámetro polar y ecuatorial del fruto .....	18
5.6.9	Peso seco de raíz, tallo, hoja y frutos. ....	18
5.6.10	Grados día de desarrollo (GDD).....	19
5.7	Análisis estadístico .....	18
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	.....	<b>19</b>
6.1	Efecto del tipo de propagación .....	19
<b>VII. CONCLUSIÓN</b>	.....	<b>40</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	.....	<b>41</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
<b>Cuadro 1.</b> Diseño de tratamientos .....	16
<b>Cuadro 2.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en 10 fechas de evaluación, para el efecto del tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo de plantas de higo.....	20
<b>Cuadro 3.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en 10 fechas de evaluación, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.....	25
<b>Cuadro 4.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables Grados días de desarrollo, acumulación de biomasa y desarrollo del fruto, para el efecto del tipo de propagación y volumen de maceta .....	30
<b>Cuadro 5.</b> Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, grados días de desarrollo el cumplimiento las estepas fenológicas para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo. ....	31
<b>Cuadro 6.</b> Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, en el peso fresco y seco, de la biomasa de las estructuras de la planta. ....	34
<b>Cuadro 7.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta Grados días de desarrollo en el cumplimiento de las etapas fenológicas, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo. ..	34
<b>Cuadro 8.</b> Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, grados días de desarrollo el cumplimiento las estepas fenológicas para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo. ....	35
<b>Cuadro 9.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en nueve fechas de evaluación, en el crecimiento del fruto, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Fuente earth.google.com.....	15
<b>Figura 2.</b> Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta. ....	22
<b>Figura 3.</b> Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta. ....	24
<b>Figura 4.</b> Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta. ....	26
<b>Figura 5.</b> Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta. ....	29
<b>Figura 6.</b> Dinámica de crecimiento de frutos en el diámetro ecuatorial en plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.....	38
<b>Figura 7.</b> Dinámica de crecimiento de frutos diámetro polar de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.....	39

## RESUMEN

En México, la higuera (*Ficus carica* L.) se ha cultivado desde la época colonial como una especie de traspatio, los bajos rendimientos de toneladas por hectárea que se registran a nivel nacional, se obtienen a través de este medio, con conocimientos empíricos basados en prácticas tradicionales. Por lo que tiene el potencial para convertirse en importante productor de higo. Los principales sistemas de propagación de la higuera son a través de estacas, acodos y la propagación in vitro. Los factores climáticos tales como la temperatura y la radiación solar tienen una influencia definitiva sobre el rendimiento de la higuera, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del fruto. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el crecimiento de vitroplantas de higo, en comparación con plantas propagadas por estacas, en invernadero con un arreglo factorial 2x2 teniendo cuatro tratamientos; T1; Estacas 40 L; T2; Estacas 50 L, T3; In vitro 40 L; T4; In vitro 50 L, evaluando número de hojas, altura y diámetro de tallos productivos y la cuantificación de los GDD en brotación en la aparición y maduración de fruto, números de frutos, obtención de biomasa de las estructuras de las plantas.. La variedad que se utilizó fue Brown tukey de un año aproximadamente, provenientes de estacas de plantas maduras y de vitroplantas obtenidas en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos, se establecieron en el mes abril de 2020, en macetas de plástico con diferentes volúmenes (40 y 50 L), bajo condiciones de invernadero y riego por goteo. Las vitroplantas presentaron menor tiempo de brotación, teniendo un peso de fruto fresco mayor a las plantas propagadas por estaca, pero con menor número de frutos. La maceta no tuvo efecto en los tratamientos, siendo óptima la de 40 L.

**Palabras clave:** *Ficus carica* L. crecimiento, desarrollo, vitroplantas, volumen de maceta

## ABSTRAC

The fig tree (*Ficus carica* L.) in Mexico has been cultivated since colonial times as a kind of backyard, the low yields of tons per hectare that are registered at the national level, are obtained through this means, with empirical knowledge based on traditional practices. So it has the potential to become a major fig producer. The main propagation systems of the fig tree are through cuttings, air layering and *in vitro* propagation. Climatic factors such as temperature and solar radiation have a definite influence on fig tree yield, as they affect plant growth and physiological processes related to fruit formation. The objective of this research was to characterize the growth of fig vitroplants, compared to plants propagated by cuttings, in greenhouse with a 2x2 factorial arrangement, having four treatments; T1; cuttings 40 L; T2; cuttings 50 L, T3; in vitro 40 L; T4; in vitro 50 L, evaluating the number of leaves, height and diameter of productive stems and the quantification of GDDs in budding in the appearance and ripening of fruit, fruit numbers, obtaining biomass from plant structures. The variety that was used was Brown tukey with about one year, from mature plant stakes and vitroplants obtained in the Tissue Culture Laboratory, were established in April 2020, in plastic pots with different volumes (40 and 50 L), under greenhouse conditions and drip irrigation. The vitroplants presented shorter budding time, having a weight of fresh fruit greater than the plants propagated by cuttings, but with fewer fruits. The pot had no effect on the treatments, being optimal the 40 L.

**Keywords:** *Ficus carica* L. growth, development, vitroplants, pot volume

## I. INTRODUCCIÓN

La higuera procede del oeste de Asia y ha sido cultivada desde la antigüedad, junto con la vid, la palmera datilera y el olivo, entre los cultivos más importantes de las civilizaciones mediterráneas.

El género *Ficus* se distribuye principalmente en climas cálidos y templados, comprende aproximadamente 881 especies, por esta razón, es considerado como el género de plantas más diverso en el mundo (Kumar *et al.*, 2011).

La higuera puede desarrollarse exitosamente en suelos desde gruesos y arenosos, hasta pesados y arcillosos; de igual modo puede crecer en suelos ácidos o básicos. Normalmente la higuera presenta un sistema radical superficial, puede comportarse como planta tropical o como planta de zona templada, pero su crecimiento vegetativo se ve favorecido por las altas temperaturas (Flores y Jiménez, 2007)

En México, la higuera (*Ficus carica* L.) se ha cultivado desde la época colonial como una especie de traspatio (Muñoz *et al.*, 2015). Por lo que tiene el potencial para convertirse en importante productor de higo: para lograrlo se requieren incrementar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad (Soberanes-Pérez, 2018). La producción bajo invernadero higo ha reportado rendimientos superiores a 100 toneladas por hectárea (Mendoza-Castillo *et al.*, 2017). 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.*, 2017).

Los bajos rendimientos de 7.9 toneladas por hectárea (SIAP, 2019) que se registran a nivel nacional, se obtienen a través del cultivo de higuera como cultivo de traspatio con conocimientos empíricos basados en prácticas tradicionales (Villalobos *et al.*, 2015).

Los factores climáticos tales como la temperatura y la radiación solar tienen una influencia definitiva sobre el rendimiento de la higuera, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del fruto (Wandile *et al.*, 2005).

El problema central es que a nivel nacional no se cuenta con información sistematizada del cultivo de higuera en cuanto a requerimientos de radiación solar bajo el sistema de manejo de altas densidades, consumo de agua y producción bajo macro- túneles.

Los sistemas de manejo en alta densidades, aunado a la introducción de nuevas variedades, son un reto para la reproducción acelerada del higo. En este contexto los principales sistemas de propagación de la higuera son a través de estacas, acodos y la propagación in vitro. En el caso de la propagación por estacas que es el método más utilizado, tiene la ventaja de obtener individuos genótipicamente iguales al progenitor y ser de bajo costo. Sin embargo, se pueden obtener un número limitado de estacas por planta, además de presentar un bajo porcentaje de enraizamiento (Rojas *et al.*, 2004). Por otro lado, el cultivo in vitro de la higuera ha sido utilizada con fines de la propagación masiva o la conservación de germoplasma. Las ventajas que presenta la propagación in vitro es la rápida multiplicación que se obtiene, que se pueden obtener plantas en cualquier época del año y estar libres de agentes patógenos. Pero de igual manera presenta algunas desventajas como lo son los altos costos de producción y que las plantas pueden tardar mínimo dos años para entrar en producción (Demiralay *et al.*, 1998), que es un tiempo mucho mayor al compararlo con una planta obtenida de estacas, donde la planta puede empezar la producción en siete meses.

Debido a esta diferencia en entrada en producción de las plantas obtenidas por estacas y las vitroplantas (plantas obtenidas a través del cultivo de tejidos), la presente investigación tuvo como propósito caracterizar el crecimiento de vitroplantas en comparación de plantas propagadas por estacas, teniendo como base la resolución de problemáticas, facilitando una mejor toma de decisiones.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

1. Caracterizar el crecimiento de vitroplantas de higo, en comparación con plantas propagadas por estacas, en invernadero

### 2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el desarrollo de vitroplantas y plantas propagadas por estacas en relación con la acumulación de grados días de desarrollo
2. Establecer la relación de los elementos del clima con el desarrollo de las vitroplantas de higo
3. Comparar el desarrollo de sicono de vitroplantas de higo en relación con las plantas propagadas por estacas.
4. Determinar el mejor volumen de maceta para la producción intensiva de higo

### **III. HIPÓTESIS**

Las vitroplantas de higo presentan un crecimiento y desarrollo diferencial en comparación con las plantas propagadas por estaca, el cual es determinado por elementos del clima como la temperatura y la intensidad luminosa.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Origen

La higuera común (*Ficus carica* L.) es un árbol frutal que fue domesticado en la antigüedad, en Asia occidental (Condit, 1969), fue la primera planta cultivada en el mundo (Kislev *et al.*, 2006). Su centro de origen no ha sido establecido claramente ya que se trata de una especie de distribución mundial, identificada por primera vez en los países cercanos al mediterráneo). Sin embargo, análisis recientes sugieren que el higo es originario de Turquía (Karandeniz, 2009).

Las higüeras 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, 1996).

### 4.2 Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida Orden: Rosales
- Familia: Moráceas
- Subfamilia: Ficeae
- Género: *Ficus* 11
- Subgénero: *Ficus* Especie: *F. carica*.
- Nombre científico: *Ficus carica*.

Existen más de 750 especies de higos alrededor del mundo las cuales pueden ser comestibles y no comestibles (Joab, 2010).

Pertenece a la familia de las moráceas. El subgénero *Eusyce* al que pertenece *Ficus carica* se caracteriza por tener flores unisexuales únicamente y ginodioecismo (Storey, 1975). La inflorescencia es única, que consiste en un sicono (el higo), que encierra muchas flores unisexuales que pueden ser se accede a través del ostiolo por avispa polinizadoras que pueden dar los verdaderos frutos

### 4.3 Importancia económica

El cultivo de higo presenta interés económico por muchas regiones del mundo y se prevé que continúe en un futuro: en el mercado mundial hay incremento de la demanda de higo fresco y deshidratado (Caliskan, 2015).

Según los datos de la FAO son 50 países productores, presentado se con mayores valores de producción el área que se encuentra alrededor del mar mediterráneo. Entre los que destacan Turquía, Egipto, Marruecos, Irán (república islámica) y Argelia según FAOSTAT en el año de 2019.

México se encuentra dentro de los 20 países con mayor producción de higo en el mundo, según (SIAP, 2019) los principales estados productores de higo en México: son Morelos con (3,351 ton), Veracruz (1,1980 ton) y Michoacán (1,275 ton).

Morelos es el principal productor se siembran 783.5 hectáreas de esta fruta, alcanzando rendimientos de 5.4 toneladas por hectárea, lo que genera 3 mil 713 toneladas, mismas que representan un valor de la producción de más de 31 millones de pesos anuales (SADER, 2019).

Como cultivo la higuera, ha ido incrementando su superficie gracias a que es una buena alternativa económica para el sector rural (Macias *et al.*, 2014)

### 4.4 Descripción morfológica

En condiciones de cultivo adecuadas la higuera es un árbol que puede superar los 10 m de altura, pero cuando las condiciones le son desfavorables adopta una forma más arbustiva. En las zonas sometidas a fuertes vientos o donde azotan brisas marinas las plantas tienen un porte bajo, abierto e incluso rastreros (Melgarejo, 1999).

#### 4.4.1 Raíz

La higuera presenta un sistema radicular sistema radical abundante, fibroso y de desarrollo superficial y muy extendido, a veces abarcando 15 m del terreno. En suelos permeables pueden descender a 6 m, el 80 % de sus raíces se encuentran entre 20 y 45 cm (Fernández, 2016). Su sistema radicular es fasciculado, no predomina ninguna raíz principal carece de raíz pivotante.

#### 4.4.2 Hojas

Las hojas de la higuera son de 3 a 5 lobulados, generalmente divididos, de 10 a 20 centímetros de longitud de igual anchura, generalmente acorazonados en la base, nerviación palmeada, los lóbulos generalmente trasovados y obtusos en la base y dentados irregularmente, escabrosas en el haz y con pelos fuertes y rígidos en el envés: peciolo de 2 a 5 centímetros de longitud: receptáculo: axilar y solitario, piriforme en madurez, de 5 a 8 centímetros de longitud y de color verdoso o violeta pardusco (Gutiérrez *et al* 2014) .

En las brotaciones jóvenes nacidas en la base de plantas adultas (chupones y sierpes), las hojas presentan lóbulos profundamente divididos, con aspecto muy diferente al de las hojas de la parte del árbol con características adultas. En plantas cultivadas en invernadero las hojas alcanzan tamaños extraordinarios, pudiendo superar los 40 cm de longitud y de anchura (Melgarejo, 1999).

#### 4.4.3 Copa

La copa es globosa, con tendencia a alcanzar mayor diámetro que altura, presentando un aspecto que la hace inconfundible, según las condiciones del medio, puede adoptar varias formas (Melgarejo, 1999).

#### 4.4.4 Tronco y ramas

Por su tendencia basítona y a formarse como arbusto rastrero incluso, frente a algunas condiciones adversas, su tronco suele ser corto y, en condiciones naturales, suele formar varios tallos que nacen desde la inserción del tronco con las raíces. Éstos, aunque al principio crecen como chupones, verticalmente, se ramifican con facilidad (Melgarejo, 1999).

Las ramas, poco abundantes, son de color blanquecino o gris claro, con madera blanquecina y frágil, aunque al mismo tiempo resulta bastante elástica. En ocasiones su corteza también se agrieta con facilidad por la incidencia del sol y se agrieta con facilidad lo que puede favorecer a ataques de patógenos (Gutiérrez *et al.*, 2014). Se ramifica a poca altura del suelo, con un número variable de ramas que van de 12 a 30 2 (Fernández, 2016).

#### 4.4.5 Yemas

Sus yemas son terminales y axilares. La yema terminal es vegetativa, mientras en las axilas de las hojas encontramos una yema vegetativa central acompañada por dos yemas de flor (Westwood, 1982). La yema de flor originará en su desarrollo un sicono (inflorescencia de la higuera), mientras que la de madera dará lugar a un ramo mixto (provisto de nuevas yemas vegetativas y de flor, en las axilas de las hojas, y de una yema terminal vegetativa).

#### 4.4.6 Flores

La higuera originariamente es monoica (presencia de flores masculinas y femeninas en un mismo receptáculo), aunque en ciertas variedades ha evolucionado a dioica, ya que las flores masculinas de un grupo han desaparecido por selección en el proceso de domesticación de esta especie, y las femeninas están adaptadas al himenóptero *Blastophaga psenes* (insecto polinizador), con quien adquieren una perfecta simbiosis (Gonzales y Grajal, 2011).

Las flores se encuentran distribuidas sobre la pared exterior y están dirigidas al centro. La disposición de la inflorescencia es muy particular, ya que las flores femeninas se encuentran situadas en forma irregular dentro de los siconos, con la única comunicación al exterior a través del ostiolo: son de color rosado blanquecino, poco atractivas y no se pueden ver sin seccionar el receptáculo. Las flores masculinas se sitúan en la entrada del orificio y solo son visibles al momento de la apertura de las brácteas que las protegen (Pucha, 2016)

#### 4.4.7 Fruto

Los frutos comerciales de la higuera son siconos blandos de sabor dulce recubiertos exteriormente de una piel fina de color verde, negro, morado o marrón rojizo, según las variedades y cuyo interior se alojan, a semejanza de semillas, pequeños aquenios que son los frutos verdaderos (Gutiérrez *et al.*, 2014).

La fruta es un compuesto formado por cascara de tejido carnoso que encierra a cientos de pedicelos individuales que se desarrollan a partir de las flores femeninas individuales que recubren la pared del receptáculo (Stover *et al.*, 2007; García, 2014)

## **4.5 Requerimientos edafoclimáticos**

### **4.5.1 Temperatura**

El cultivo de la higuera es de clima templado, resiste hasta 5°C bajo cero, sin embargo, si pasa este punto de frío puede sufrir un estrés. El rango de temperatura que se considera óptimo es de 17° C – 21° C, asimismo este cultivo requiere 100 y 400 horas de frío (Bravo, 2009). Pero también puede crecer en regiones húmedas como los trópicos y subtropicos, aunque los frutos se vuelven agrietados y son más susceptibles a enfermedades (Stover *et al.*, 2007; Garcia, 2014).

En regiones de días calientes y húmedos con noches tibias, los higos maduran rápidamente. En regiones templadas, con estaciones bien definidas, las hojas de la higuera se pierden a finales del otoño y la planta entra en estado de latencia. Así, la planta puede soportar periodos largos de frío intenso. La aptitud para sobrevivir a bajas temperaturas, depende de la variedad, el estado del árbol, tipo de madera y modo de latencia (Fernández, 2016).

Existen varios métodos utilizados para proteger los huertos pequeños y árboles domésticos de las condiciones adversas. El cultivo en invernaderos, es uno de los métodos más utilizados para mantener las óptimas condiciones de crecimiento (Krezdorn y Adriance, 1984).

### **4.5.2 Temperatura base del higo**

Temperatura base de 10 °C. La planta adulta de esta especie tolera temperaturas de hasta -10°C, mientras que plantas jóvenes (1-4 años) toleran un enfriamiento de -4.4 a -6.7°C. El rango térmico de desarrollo es 4-38°C, con un óptimo de 18°C. Rango 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C. La temperatura media mínima debería ser superior a los 12°C (Souza *et al.*, 2009).

### **4.5.3 Clima**

El cultivo de la higuera puede tolerar diversas temperaturas altas y bajas, por tal motivo se hallan con normalidad higueras en regiones muy variadas, de climas variados (Mendoza, 2019).

### **4.5.4 Suelo**

Un suelo ideal para la higuera es aquel de topografía ligeramente inclinada, de textura franco arcilloso, con buena capa superficial y elevado grado de fertilidad los suelos

permeables y bien drenados son los más recomendados ya que el higo es un árbol muy susceptible a enfermedades de raíces, sin embargo es una planta que se adapta con facilidad a suelos pedregoso, semiáridos y tolera eficientemente las sales para obtener frutos de calidad se recomiendan suelos que no tengan deficiencia de calcio (Tomalá y Ulloa, 2015).

#### **4.6 Métodos de propagación**

##### **4.6.1 Propagación sexual**

El higo se puede reproducir por vía sexual, es decir por semilla botánica para luego formar plántulas en semilleros, sin embargo, este método no es recomendable para el caso de producción, debido a que la higuera reproducida de esta forma fructifica después de por lo menos 10 años de su plantación (Mendoza, 2019)

##### **4.6.2 Propagación por estacas**

La estaca es cualquier parte de la planta, obtenida a partir de ramas, tallos o incluso de las raíces, que colocada en las adecuadas condiciones ambientales es capaz de formar raíz y brotes. Las estacas más empleadas en la multiplicación de frutales, son las leñosas. La longitud de las estacas por lo general es de 30 a 40 cm (Espinosa, 1996).

##### **4.6.3 Propagación por acodo aéreo**

Otra de las técnicas de reproducción vegetativa utilizada para la propagación de la higuera es el acodo aéreo. Para efectuar este método se necesita cortar un anillo de 2 cm de ancho de la corteza de un vástago grueso o de una rama delgada. Seguidamente se cubre el área del corte con musgo húmedo y luego con una banda de polietileno (Morocho, 2015).

#### **4.7 Propagación *in vitro* de higo**

##### **4.7.1 Micro propagación**

El cultivo de tejidos puede definirse como el crecimiento estéril de células o tejidos de plantas, separados de la planta madre, en medios de cultivo artificiales *in vitro* (Morocho, 2015).

Una herramienta importante que se viene realizando en estos últimos años es el cultivo de tejidos que permite el estudio del metabolismo de las plantas, su genética, morfogénesis y fisiología, en la transformación genética de plantas, eliminación de patógenos, en la preservación de especies de importancia en espacios limitados, y en la multiplicación de tejidos vegetales *in vitro* (Lema, 2011).

Con el desarrollo de las técnicas de micro propagación de plantas, se ampliaron las perspectivas de obtención de material con mejor calidad agronómica y en cualquier época del año, en un tiempo y espacio reducidos, y con el máximo aprovechamiento del propágulo vegetal (Lema, 2011). En la actualidad con las técnicas de cultivo de tejidos, es posible obtener grandes cantidades de material clonal, en corto tiempo y con un mayor control sanitario. Además, es posible multiplicar variedades de las cuales existen pocos individuos.

Cada sistema de cultivo *in vitro* presenta características particulares que permiten producir plantas completas a partir de explantes. Estas características tienen que ver con el genotipo, el tipo de explante, las normas de asepsia, los medios de cultivo y las condiciones ambientales de incubación. Uno de los mayores usos del cultivo de tejidos es la propagación vegetativa de plantas con el fin de disponer de gran cantidad de material vegetal fitosanitariamente sano (Pasqual y Ferreira, 2007).

#### **4.8 Cultivo de higo bajo invernadero**

El cultivo de higüera (*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 pudrición de frutos y daños por heladas (Mendoza-Castillo *et al.*, 2017). Las labores que se deben realizar generalmente comienzan con las plantas provenientes de vivero estas son aún muy pequeñas y solo cuentan con un tallo principal. En las primeras etapas la principal labor a realizar es la poda, con la finalidad de formar la planta así también de estimular generando ramas laterales del diámetro y tamaño adecuado para facilitar las labores culturales.

El riego en la higüera se recomienda a intervalos regulares durante época de sequía para asegurar una buena formación y madurez del fruto, sin embargo, un exceso de agua puede causar un crecimiento de brotes en detrimento de la formación de la fruta, la cual se convierte en una disminución del rendimiento (Mendoza, 2019)

Con respecto a la nutrición, el cultivo de higo se desarrolla muy bien en suelos con baja fertilización y puede dar buenas cosechas, así mismo el uso de fertilizantes, permite incrementar la vitalidad y la fructificación por consecuencia aumenta los rendimientos. En

el caso del cultivo del higo en comparación con otros frutales inusualmente sufre de deficiencias de hierro y zinc. Se recomienda aplicar de 0.45 a 0.65 Kg de nitrógeno por planta al año. Las relaciones de P/N y K/N (Fernández, 2016).

#### **4.9 Crecimiento**

Hunt (1978), Radosevich y Holt (1984), Gardner *et al.* (1985) definen el crecimiento como un incremento irreversible en el tamaño de las plantas el cual a menudo es acompañado por cambios en la forma. Otros autores indican que el crecimiento es un aumento constante en el tamaño de un organismo, acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular (Taíz y Zeiger 2006). Mohr (1995) define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes (Barrera *et al.*, 2010).

#### **4.10 Desarrollo**

El desarrollo combina los resultados de tres procesos: la división celular, que produce nuevas células; el crecimiento, que incrementa el tamaño de las células y órganos y la diferenciación, que es el conjunto de cambios por lo que las células se especializan en su estructura y función. Estos procesos están regulados por fitohormonas. Cada uno de estos procesos puede variar en dirección y velocidad, y deben estar controladas en cada parte de la estructura vegetal para que su desarrollo sea normal (Barrios *et al.*, 2006).

En las plantas, el desarrollo morfogénesis inicia con una célula simple: el huevo es fecundo o el cigoto. Una serie de divisiones celulares en el cigoto, seguidas por la diferenciación, arman el patrón para el desarrollo del embrión; las células de una región forman las hojas y las de las otras zonas pueden formar una raíz o una flor. Algunas células pueden adquirir un color verde y llevar a cabo la fotosíntesis; otras pierden sus núcleos, forman placas cribosas para construir el floema (Barrios *et al.*, 2006).

#### **4.11 Fenología**

La fenología se considera una rama de la ecología que estudia las relaciones entre las condiciones ambientales y los fenómenos o acontecimientos periódicos en la vida

vegetal y animal, donde se estudian fenómenos recurrentes, que sean fácilmente observables. Cuando se aplica al estudio de las plantas, se denomina fitofenología o simplemente fenología (Elias y Castelvi, 2001)

De Cara *et al.* (2007) define la fenología como la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente, acomodados a ritmos estacionales y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. Se trata de una disciplina fenomenológica, es decir, fundamentalmente descriptiva y de observación. Que requiere método y precisión en el trabajo de campo. Es una ciencia interdisciplinaria y utiliza conocimientos tanto de fisiología y ecología, como meteorología y climatología.

#### **4.12 Fases fenológicas**

Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica. La mayoría de estas fases son visibles en casi todas las plantas, existen algunas plantas que poseen ciertas fases invisibles, tal es el caso de la higuera cuya fase de floración es invisible; la sandía es otro ejemplo en la cual la fase de maduración no es notoria, Para determinar con mayor precisión las fechas de los cambios filológicos en las plantas se recomienda utilizar tres rangos en cada fase que son: inicio, pleno y fin (Izarra y López, 2014).

- Inicio de una fase. - Se considera y se registra cuando sus características se observaron hasta un 25% en las plantas.
- La fase plena. - Se considera y se registra cuando sus características han aparecido en la mitad o el 50% de la planta.
- Fin de la fase. - Se registró cuando sus características han aparecido en el 100% en la planta. (Izarra y López, 2014)

c) Etapa fenológica. - Está delimitada por dos fases sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado elemento, de manera que las oscilaciones en los valores de este fenómeno meteorológico se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas (Izarra y López, 2014).

#### 4.13 Fenología del higo

Según Pucha (2016) al no disponer de bibliografía específica sobre las fases fenológicas del higo, se ha adaptado de otras especies según las recomendaciones de Izarra y López, (2014), determinándose 5 fases fenológicas que son: Primera fase: hinchamiento de las yemas, Segunda fase: aparición de las primeras hojas, tercera fase: aparición de frutos (siconos), Cuarta fase: maduración de los primeros frutos, quinta fase: inicio de la caída de hojas (Pucha, 2016).

#### 4.14 Grados días de desarrollo

El conocimiento de la duración exacta de las etapas fenológicas y su interacción con los factores ambientales, es esencial para alcanzar los máximos rendimientos (Prabhakar *et al.*, 2007). En este sentido, la temperatura es el elemento del clima más determinante en el desarrollo de las plantas. Los grados día desarrollo (GDD) o unidades calor son los índices más utilizados para estimar tal desarrollo (Qadir *et al.*, 2007).

Desde 1970, cuando Reamar introdujo el término de unidades calor o tiempo térmico, se han utilizado muchos métodos para calcular las unidades calor. En el área de la fenología agrícola y el desarrollo de los cultivos, el concepto de unidades calor, medidos en grados día desarrollo (GDD), han mejorado la descripción y la predicción de los eventos fenológicos de las plantas, en comparación con otras aproximaciones como la época del año o el número de días (Cross y Zuber, 1972; McMaster, 1993). La forma más aceptada para el cálculo de los GDD es el método residual, mediante la ecuación (1):

$$GDD = \left( \frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{2} \right) - T_{BASE}$$

Donde, TMAX es la temperatura máxima diaria del aire, TMIN es la temperatura mínima diaria del aire y TBASE es la temperatura debajo de la cual el proceso de interés no progresa. La temperatura base varía entre especies y posiblemente entre cultivares. Esta ecuación describe la energía en forma de calor recibida por el cultivo en cierto tiempo (McMaster y Wilhelm, 1997).

Se han sugerido modificaciones a la ecuación para resaltar el significado biológico del método, como son incorporar una temperatura umbral máxima o funciones de otros factores ambientales que afecten la fenología (McMaster *et al.*, 1992).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), ubicada en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla ( $19^{\circ} 52' 31''$  LN y  $97^{\circ} 22' 02''$  LO), a una altura sobre el nivel del mar de 1617 metros (Figura 1).



**Figura 1. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Fuente earth.google.com**

### 5.2 Material vegetal

El material vegetal que se utilizó es la variedad “Brown Turkey”, el cual cuenta con un alto potencial económico y puede adaptarse a un sistema de producción intensivo. Las plantas que se utilizaron teniendo un año de edad aproximadamente y provenían de estacas de plantas maduras y de vitroplantas obtenidas en el Laboratorio De Cultivo De Tejidos de la misma Facultad, estas se establecieron en el mes abril de 2020, en macetas de plástico con diferentes volúmenes (40 y 50 L). Se encuentran bajo condiciones de invernadero y riego por goteo. El arreglo de plantación es un sistema intensivo con un distanciamiento entre plantas de 0.60 m y 1.60 m entre hileras.

### 5.3 Establecimiento y conducción del experimento

Durante el año de vida que tenían las plantas, se les dio el manejo necesario para su desarrollo. En el mes de abril, se realizó la poda de las plantas, eliminando las ramas productivas del año anterior. La finalidad fue generar nuevos tallos de los cuales se seleccionaron seis tallos productivos para el nuevo ciclo, eliminando los brotes basales o laterales durante su desarrollo.

Para la nutrición de las plantas se realizó una fertilización inicial con 100 g de 17-17-17, para después suministrar la siguiente formulación en  $\text{mgL}^{-1}$  de 940 de nitrato de calcio, 200 de nitrato de potasio, 340 de sulfato de potasio, 55 de fosfato monoamónico, 490 de sulfato de magnesio, 15 de sulfato ferroso, 4 de sulfato de manganeso, 4.5 de bórax, 0.4 de sulfato de cobre, 0.4 de sulfato de zinc, ajustando el pH a 5.6. Además de dos aplicaciones de 1 kg de lombricomposta por cada ciclo.

### 5.4 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó es completamente al azar en arreglo factorial 2x2 con 5 repeticiones. Los factores que se evaluaron son tipo de propagación con dos niveles: estaca y vitroplantas, mientras que el segundo factor fue tamaño de maceta con dos niveles: 40 y 50 litros. La unidad experimental consistió en una planta en maceta de plástico.

### 5.5 Diseño de los tratamientos

En la evaluación del desarrollo fenológico de las plantas de higo variedad “Brown Turkey” y el efecto que tiene el tamaño de maceta en su desarrollo vegetativo y reproductivo se tomaron en cuenta los siguientes tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Diseño de tratamientos**

Tratamiento	Factores	
	Tipo de propagación	Tamaño de maceta
1	Estaca	40 L
2	Estaca	50 L
3	Vitroplanta	40 L
4	Vitroplanta	50 L

## **5.6 Variables evaluadas**

Las variables que se evaluaron en el siguiente estudio son las siguientes:

### **5.6.1 Brotación inicial**

Número de brotes generados por planta después de la poda. La poda se realizó el 10 de marzo del 2021. A partir de los días mencionados se comenzó a monitorear de forma visual, para identificar el inicio de brotación en un intervalo de (0 a 5) días.

Se cuantificó el número brotes por cada planta, esto se registró en un base de datos para su posterior análisis. Para el segundo ciclo productivo la poda de las plantas se realizó el 28 de septiembre de 2021, el procedimiento que se utilizó fue el mismo que en el primer ciclo.

### **5.6.2 Días a brotación**

A partir del 10 de marzo del 2021 que se realizó la poda, se determinó el número de días transcurridos hasta la aparición del primer brote por cada planta, registrando en una base de datos para su posterior análisis. Para el segundo ciclo productivo la poda de las plantas se realizó el 28 de septiembre de 2021, el procedimiento que se utilizó fue el mismo que en el primer ciclo.

### **5.6.3 Aparición del primer sicno por tallo productivo**

De forma visual se identificó la aparición del primer sicno, anotando la fecha de en una base de datos, posteriormente se determinaron los días transcurridos hasta su aparición tomando en cuenta el día de la poda. Este procedimiento se realizó en los dos ciclos productivos, aplicándolo en los 6 tallos productivos de cada planta.

### **5.6.4 Longitud y diámetro de brotes**

Se realizaron mediciones periódicas de los tallos productivos en los cinco tratamientos cada (15 días), donde se utilizó un vernier digital de la marca TRUPER (calibrador digital de 6'', milimétrico y estándar), donde se tomó en cuenta la base de donde apareció el brote. Para la longitud se utilizó un flexómetro, en esta ocasión se midió a partir de la base donde apareció el brote y la copa del tallo productivo. Los datos obtenidos se registraron en una base de datos para su posterior análisis. Se utilizó el mismo procedimiento para los dos ciclos productivos.

### **5.6.5 Maduración del primer sicono**

Días transcurridos hasta la maduración del fruto. A partir de la visualización y monitoreando el cultivo se anotó la fecha de aparición de los siconos de los 6 tallos productivos, anotándolo en una base de datos, posteriormente se identificó de forma visual la maduración del primer sicono registrándolo en la base de datos, para así determinar los días transcurridos tomando en cuenta la fecha de su aparición. Este procedimiento se realizó en los dos ciclos productivos.

### **5.6.6 Diámetro polar y ecuatorial del fruto**

Se seleccionaron 6 frutos por árbol, y se midieron con ayuda de un vernier digital de la marca TRUPER (calibrador digital de 6'', milimétrico y estándar). Se utilizó el mismo procedimiento en los dos ciclos productivos, registrando en una base de datos para su posterior análisis.

### **5.6.7 Peso seco de raíz, tallo, hoja y frutos**

El peso de raíz, tallo y hoja se realizó mediante un análisis destructivo de la planta, una vez terminada la maduración de los frutos. Se utilizó una balanza analítica y los datos se registraron en una base de datos para su posterior análisis.

Se seleccionarán 6 frutos de cada planta y con ayuda de una balanza analítica se registró su peso fresco, después se llevó a una estufa de secado por 72 horas. Una vez secados los frutos se volvieron a pesar.

### **5.6.8 Grados día de desarrollo (GDD)**

En cada una de las etapas fenológicas descritas, se estimaron los GDD de cada una, utilizando el método residual y una temperatura base de 13 °C.

## **5.7 Análisis estadístico**

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y de regresión con las variables climáticas, además una comparación múltiple de medias de Tukey ( $P \leq 0.5$ ) mediante el paquete Statistical Analysis System versión 9.0 (SAS).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Efecto del tipo de propagación

En el cuadro 2, se presentan los resultados de análisis de varianza para la respuesta de plantas de higo al tipo de propagación (Factor A; propagación *in vitro* y por estaca), y el efecto de volumen de maceta (Factor B; volumen de maceta de 40 y 50 L) en el crecimiento vegetativo. En el Factor A se encontraron diferencias altamente significativas para las variables longitud de tallo en las 10 fechas de medición, mientras que para la variable número de hojas solo en la fecha H9 (158 días). La fecha H10 (173 días) no detectó diferencias estadísticas.

Para el factor B solo se encontraron diferencias significativas para la variable número de hojas a los 71 días después de la poda y para la variable longitud 173 días de realizada la poda. En la interacción de los factores se encontraron diferencias significativas para la variable longitud en todas las mediciones realizadas después de los 71 días.

Rodríguez *et al.* (2016) mencionan que la aceptación de vitroplantas para los sistemas de producción ha sido limitada, sin embargo, es necesario establecer sistemas agrotécnicos que permitan contar con un material de siembra alternativo. Estos autores muestran como el utilizar vitroplantas de piña con un manejo agronómico adecuado presentan un mayor desarrollo en variables como número de hojas, longitud de raíz, longitud de hoja, número de raíces, longitud de planta y peso fresco. Lo que concuerda con lo encontrado en esta investigación donde las vitroplantas de higo tuvieron un mayor tamaño de planta.

**Cuadro 2. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en 10 fechas de evaluación, para el efecto del tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo de plantas de higo.**

<b>F.V.</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A*B</b>	<b>Error</b>
G.L.		1	1	1	16
L1	42 días	655.39**	9.48NS	11.84NS	29.57
H1		11.75**	0.13NS	0.53NS	0.30
L2	52 días	819.96**	31.75NS	228.08NS	66.63
H2		21.27**	0.94NS	3.16NS	0.87
L3	71 días	827.92**	6.56NS	211.38*	36.79
H3		22.57**	4.11*	2.41NS	0.89
L4	86 días	936.12**	1.81NS	212.35*	29.79
H4		12.92**	7.75NS	2.50NS	0.59
L5	100 días	747.00**	0.09NS	238.39*	33.92
H5		14.518**	0.13NS	1.82NS	0.42
L6	114 días	770.53**	0.07NS	273.50**	30.64
H6		16.43**	0.06NS	0.99NS	1.29
L7	129 días	878.60**	1.94NS	235.02**	26.33
H7		22.60**	1.47NS	3.54NS	2.30
L8	144 días	948.61**	22.21NS	325.78*	39.31
H8		7.29*	0.018NS	0.0001NS	1.45
L9	158 días	1053.13**	39.56NS	334.64*	42.28
H9		2.41NS	2.91NS	0.345NS	5.98
L10	173 días	1093.72**	55.17*	414.414*	50.63
H10		3.749NS	22.05NS	0.1411NS	13.17

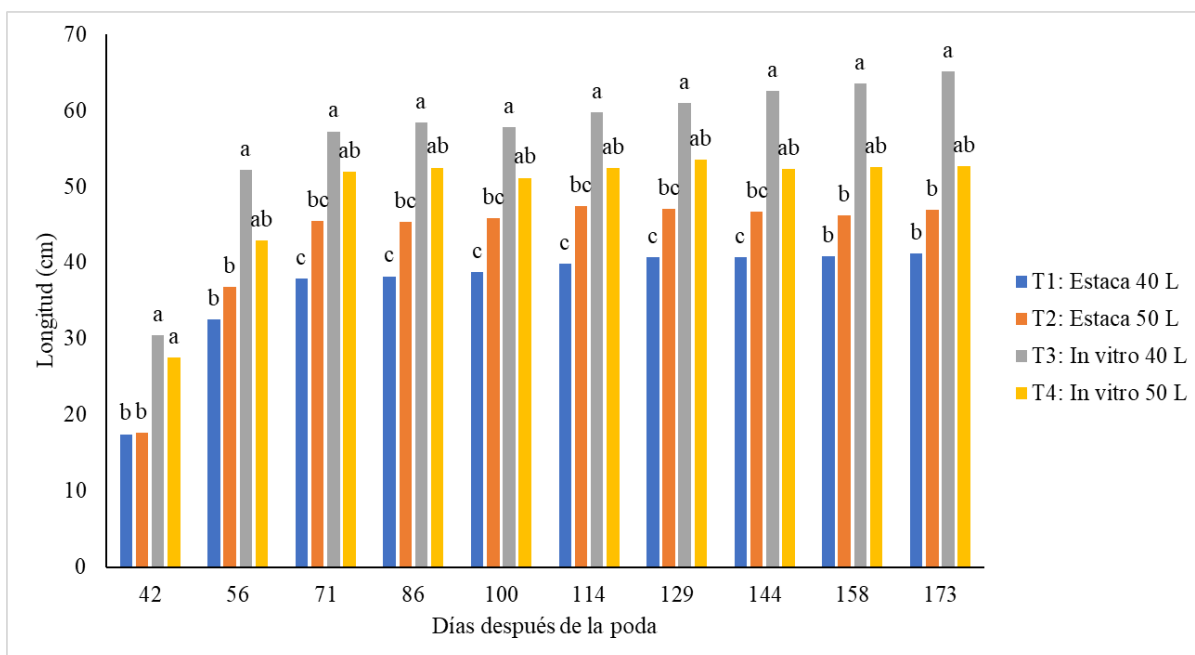
F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variables; **D**= Diámetro de Tallo; **L**= longitud de Tallo; **H**= Numero de Hojas. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y NS= no significativo.

En la Figura 2 se observa la dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo de la variedad 'Brown Turkey' en diferentes fechas de muestro. Se observa que las plantas de higo obtenidas a partir de estacas tuvieron un menor crecimiento en ambos volúmenes de maceta 40 y 50 L (T1 y T2, respectivamente) después de 42 días de iniciados los tratamientos, siendo para este muestreo estadísticamente superiores las vitroplantas de higo en ambos tipos de maceta con una longitud promedio de 30.4 y 27.5 cm (T3 y T4). Tendencia que permaneció a los 56 días después de realizada la poda, donde se observa nuevamente que los tratamientos 1 y 2 muestran una menor altura de planta (32.59 y 36.82 cm, respectivamente) en comparación con los tratamientos 3 y 4 (52.15 y 42.88 cm).

Después de 71 días de iniciados los tratamientos, es el tratamiento 1 el que presenta una menor altura con respecto al tratamiento 2, diferencia que puede ser atribuible a un menor tamaño de maceta, aunque sin encontrar diferencias estadísticas. Comportamiento contrario a lo que se pudo apreciar en las vitroplantas ya que el tratamiento 4 presenta un menor crecimiento (51.90 cm) en comparación al tratamiento 3 (57.25 cm) que se desarrolló en una maceta de 40 L de volumen. El crecimiento de las plantas de higo obtenidas mediante estacas siguió esta misma tendencia durante todo el ciclo, teniendo una mayor altura final el tratamiento 2 que se desarrolló en macetas de 50 L (46.98 cm) con respecto al crecimiento de las plantas del tratamiento 3 que se desarrollaron en macetas de 40 L (41.20 cm). En el caso de las vitroplantas de higo el efecto observado en las plantas fue contrario, ya que las vitroplantas del tratamiento 4 que se desarrollaron en macetas de mayor volumen (50 L) alcanzaron una altura final menor (52.66 cm) en comparación a las plantas del tratamiento 3 (65.09 cm), aunque estadísticamente fueron similares. Resultados que difieren a los reportados por diferentes autores, por ejemplo, Escorcía (2017) reporto que en un sistema intensivo (13 333 plantas ha<sup>-1</sup>) y utilizando macetas de 40 L, obtuvo una longitud de brotes entre los 96 a 79 cm, a los 196 días después de la brotación. Por otro lado, Abo-El-Ez *et al.* (2013) que hay gran diversidad en las características vegetativas de cultivares de higo, que miden directamente el vigor de las plantas, estos autores al comparar los cultivares Kadota, Sultani y Conadria bajo las mismas condiciones obtuvieron longitudes de brotes promedio 123.6, 159.9 y 123.2 cm, respectivamente. Dichas diferencias pueden deberse a que el nivel de adaptación a las condiciones ambientales de

cultivo que tienen las variedades de higo no son iguales tal como lo mencionan Al-Zalzaleh y Dcruz (2018).

Al comparar la altura de plantas de los diferentes tratamientos se observó que fueron las plantas obtenidas mediante cultivo de tejidos, las que tuvieron los mejores resultados. Este comportamiento lo discuten diversos autores, los cuales mencionan que durante la propagación *in vitro* las plantas pueden sufrir un desarrollo anormal tanto morfológico como fisiológico, lo que podría limitar su desarrollo en condiciones *ex vitro* (Hronkova *et al.*, 2003; Nunez-Ramos *et al.*, 2020). Sin embargo, también se demuestra que estas plantas propagadas por cultivo de tejidos durante su fase de aclimatación tienen la capacidad de reparar estos desordenes estructurales y fisiológicos y tener un crecimiento normal en condiciones de invernadero y campo (Harazinka, 2003; Shin *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2015), que puede explicar el comportamiento superior que tuvieron las vitroplantas de higo en cuanto a su crecimiento.



**Figura 2. Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P=0.05$ .

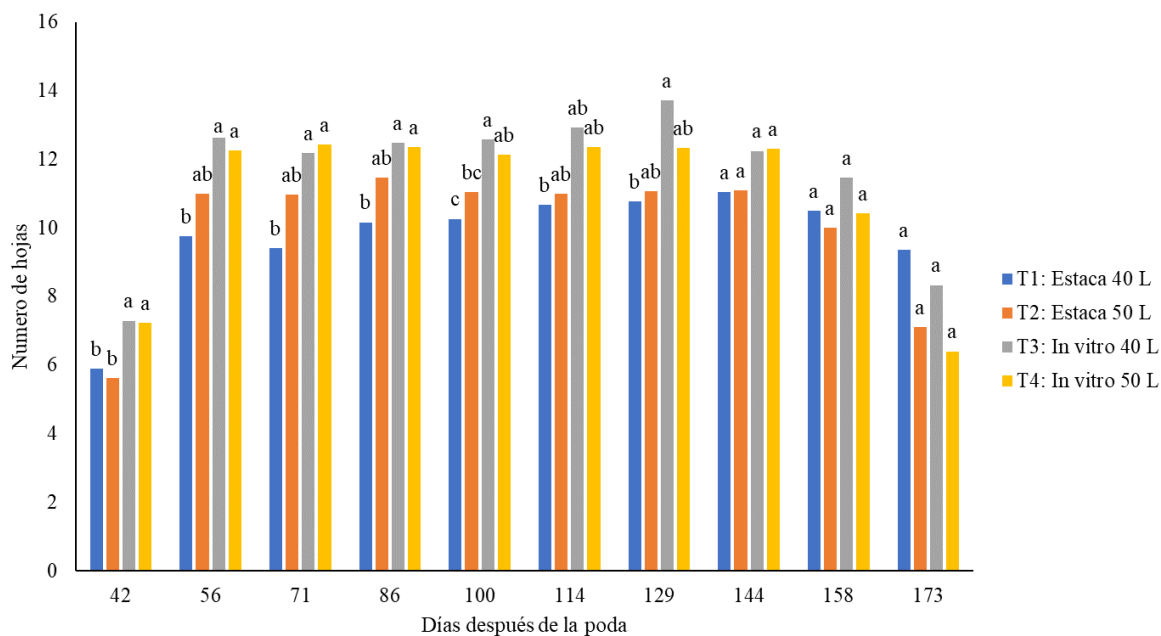
En la figura 3 se observa que los tratamientos de higo propagados por estaca tuvieron un menor número de hojas en ambos volúmenes de maceta 40 y 50 L (T1 y T2), con respecto a las vitroplantas, en el primer muestreo realizado a los 42 días después de la poda, siendo superiores estadísticamente con un promedio de 7.29 y 7.23, (T3 y T4). A los 56 días el tratamiento 1 mantuvo una propensión con respecto al muestreo anterior con un promedio de 9.76, siendo menor al tratamiento 3 y 4 con promedios de (12.62 y 12 .26) para el tratamiento 2 tuvo un promedio de 10.99 siendo estadísticamente igual al tratamiento 1, 3 y 4. Esta tendencia se mantuvo a los 71 y 86 días.

A los 100 días el tratamiento 3 fue superior al tratamiento 1 y 2 con promedio de 12.57 en comparación a los promedios 10.26 y 11.03, en el caso del tratamiento 4 aunque es menor en promedio (12.13) son estadísticamente iguales. Para los 114 días se observa que los tratamientos, ya no tuvieron presencia de nuevas hojas, debido a la finalización de crecimiento vegetativo. permaneciendo constantes en los siguientes muestreos siendo estadísticamente iguales.

En general se observa que el que los tratamientos 1 tuvo menor aparición de hojas durante todo el ciclo, alcanzado una mayor aparición de hojas a los 144 días, esto puede ser atribuido al menor tamaño de maceta, aunque sin encontrar diferencias estadísticas. Comportamiento contrario a lo que se pudo apreciar en las vitroplantas ya que el tratamiento 3 presenta un promedio mayor en número de hojas (12.92) en comparación al tratamiento 4 (12.36) que se desarrolló en una maceta de 50 L de volumen.

El número de hojas en plantas de higo obtenidas mediante estacas siguió esta misma propensión a partir de los 114 días teniendo un promedio final de número de hojas en el tratamiento 1 con promedio de 9.36 que se desarrolló en macetas de (40 L) en comparación del tratamiento 2 con un promedio final de (7.10). En el caso de las vitroplantas de higo el efecto observado en las plantas fue similar, ya que las vitroplantas del tratamiento 3 que se desarrollaron en macetas de menor volumen (40 L) alcanzaron el promedio final número de hojas (8.33) en comparación a las plantas del tratamiento 4 promedio final de (6.40), aunque estadísticamente fueron similares. Al comparar el promedio número de hojas de los diferentes tratamientos se observó que fue el tratamiento 3 el que tuvo un mayor crecimiento en los diferentes muestreos del ciclo, seguido por el tratamiento 4, tratamiento que corresponden a plantas obtenidas mediante cultivo de tejidos.

En general las plantas propagadas *in vitro* presentaron un mejor desarrollo vegetativo en comparación con las que provienen de estacas, ya que tuvieron una mayor altura, así como un mayor desarrollo de hojas. Estos resultados no concuerdan con lo mencionado por Badr *et al.* (2015) que menciona que las plantas provenientes del cultivo de tejidos pueden llegar a presentar una mayor disrupción en el metabolismo celular, así como cambios fisiológicos y anatómicos, lo cual las podría llevar a tener una pobre adaptación bajo condiciones no controladas del cultivo, o un pobre desarrollo.



**Figura 3. Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P=0.05$

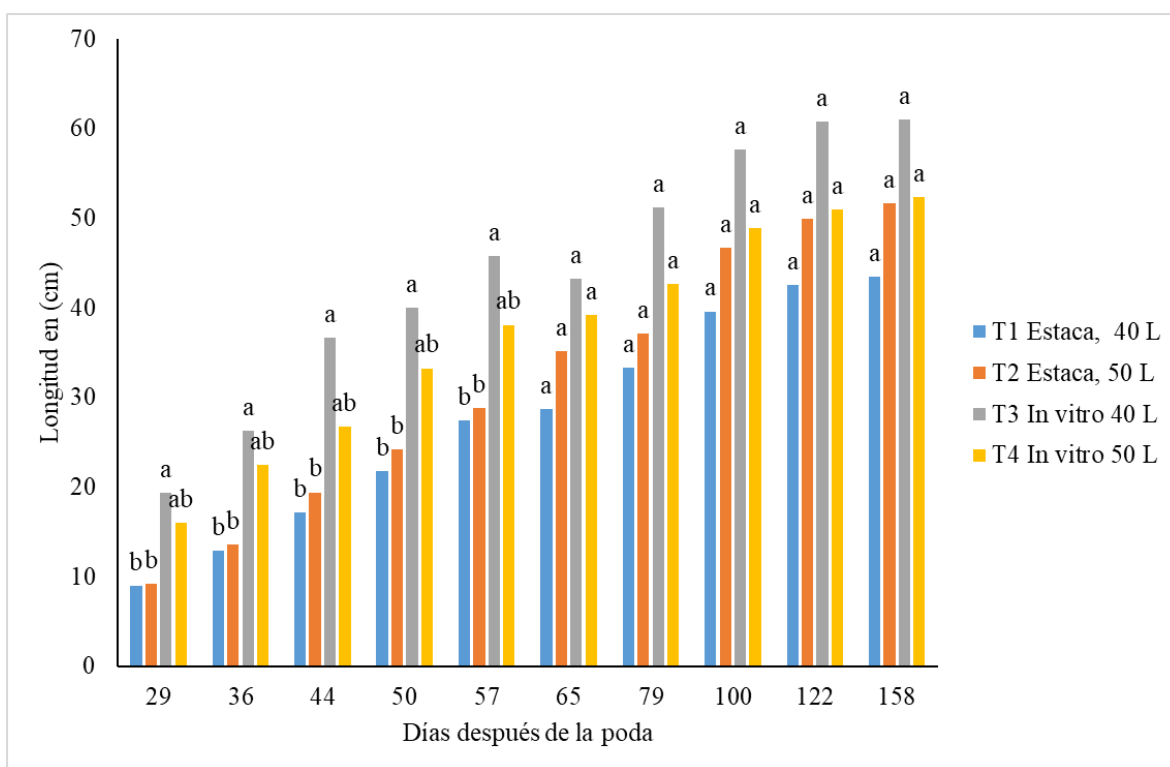
En el cuadro 3, se presentan los resultados de análisis de varianza del segundo ciclo de crecimiento (septiembre – abril) para la respuesta de plantas de higo al tipo de propagación (Factor A; propagación *in vitro* y por estaca), y el efecto de volumen de maceta (Factor B; volumen de maceta de 40 y 50 L) en el crecimiento vegetativo. En el factor A se observan diferencias significativas en las variables longitud de tallo y número de hojas desde los 29 y hasta los 57 días realizada la poda. Para las mediciones realizadas a los 100 y 122 días después de la poda se observaron diferencias en el número de hojas. Por otro lado, el factor B no presentó diferencias significativas en las variables evaluadas.

**Cuadro 3. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en 10 fechas de evaluación, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.**

<b>F.V.</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A*B</b>	<b>Error</b>
G.L.		1	1	1	16
L1	29 días	365.08**	12.12 NS	16.0 NS	22.50
H1		3.91*	0.001 NS	0.001 NS	0.62
L2	36 días	622.5**	12.67 NS	24.42 NS	34.74
H2		7.81 **	0.01 NS	0.23 NS	0.52
L3	44 días	903.3**	73.68 NS	186.5 NS	83.52
H3		6.79**	0.20 NS	0.35 NS	0.63
L4	50 días	936.1**	23.09 NS	106.6 NS	67.30
H4		9.34**	0.005 NS	0.44 NS	0.94
L5	57 días	952.4**	48.5 NS	103.5 NS	80.28
H5		11.26**	0.000005 NS	1.60 NS	1.14
L6	65 días	430.12 NS	7.72 NS	135.6 NS	140.07
H6		4.19 NS	0.11 NS	1.51 NS	1.46
L7	79 días	684.3 NS	27.9 NS	185.9 NS	155.87
H7		3.89 NS	0.03 NS	0.87 NS	1.49
L8	100 días	516.8 NS	3.48 NS	320 NS	140.98
H8		10.73**	0.27 NS	3.75 NS	1.01
L9	122 días	466.28 NS	7.92 NS	367.6 NS	135.89
H9		18.05 **	1.09 NS	8.01*	1.62
L10	158 días	413.4 NS	0.33 NS	352.04 NS	151.01
H10		13.33 NS	0.20 NS	12.75 NS	3.23

F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variables; **D**= Diámetro de Tallo; **L**= longitud de Tallo; **H**= Numero de Hojas. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y NS= no significativo.

En la Figura 4 se observa la dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo de la variedad ‘Brown Tukey’ en diferentes fechas de muestreo. Se observa que las plantas de higo obtenidas a partir de estacas tuvieron un menor crecimiento en ambos volúmenes de maceta 40 y 50 L (T1 y T2, respectivamente) después de 26 días de iniciados los tratamientos, siendo para este muestreo estadísticamente superiores las vitroplantas de higo en ambos tipos de maceta con una longitud promedio de 19.31 y 15.97 cm (T3 y T4). Tendencia que permaneció a los 57 días después de realizada la poda, donde se observa nuevamente que los tratamientos 1 y 2 muestran una menor altura de planta (27.41 y 28.85 cm, respectivamente) en comparación con los tratamientos 3 y 4 (45.76 y 38.1 cm).



**Figura 4. Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$ .

Después los 65 días de iniciados los tratamientos, el tratamiento 1 presenta una menor altura con respecto al tratamiento 2, el mismo comportamiento se observó en el primer ciclo, además de reforzar la idea antes mencionada donde se la atribuye al tamaño de maceta, en ambos resultados no se tuvieron diferencias estadísticas. Comportamiento

contrario a lo que se pudo apreciar en las vitroplantas ya que el tratamiento 4 presenta un menor crecimiento en comparación con el tratamiento 3 que se desarrolló en una maceta de 40 L de volumen, esto se pudo apreciar en el primer ciclo.

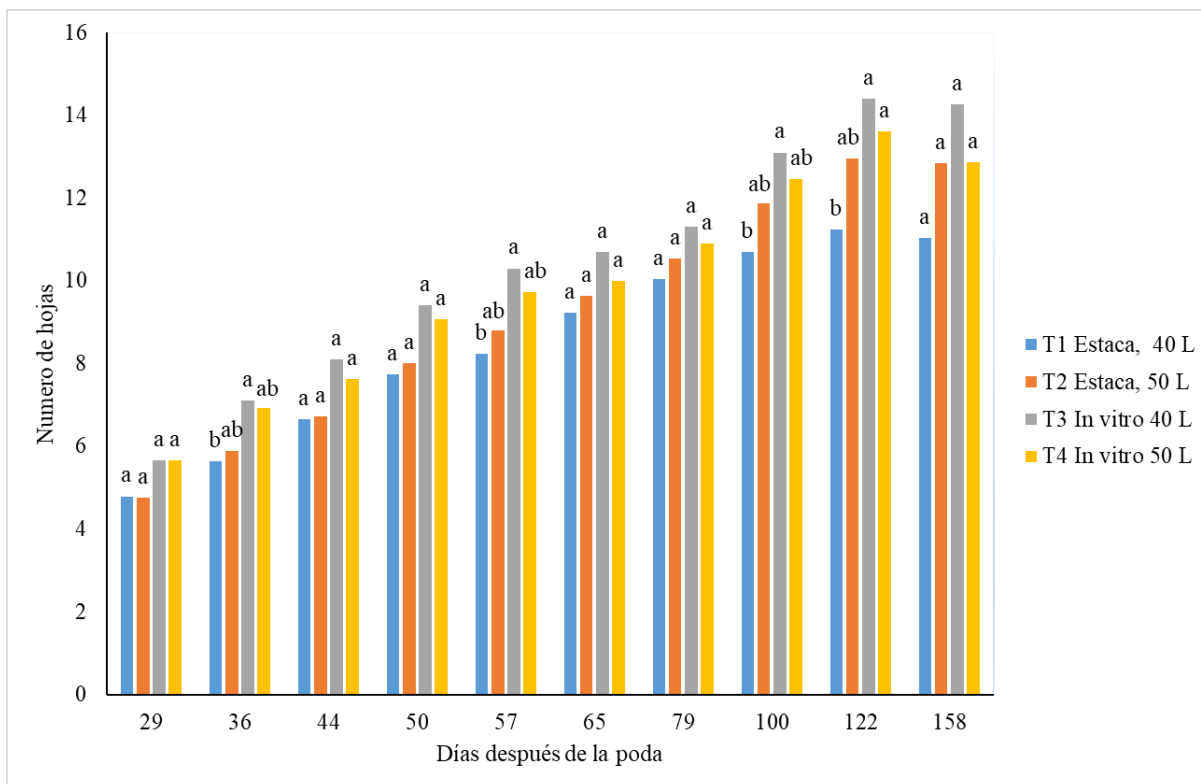
El crecimiento de las plantas de higo obtenidas mediante estacas siguió esta misma propensión durante todo el ciclo, teniendo una mayor altura final el tratamiento 2 que se desarrolló en macetas de 50 L (51.68 cm) con respecto al crecimiento de las plantas del tratamiento 1 que se desarrollaron en macetas de 40 L (43.5 cm). En el caso de las vitroplantas de higo el efecto observado en las plantas fue contrario, ya que las vitroplantas del tratamiento 4 que se desarrollaron en macetas de mayor volumen (50 L) alcanzaron una altura final menor (52.38 cm) en comparación a las plantas del tratamiento 3 (61.03 cm), aunque estadísticamente fueron similares. Al comparar la altura de plantas de los diferentes tratamientos se observó que fue el tratamiento 3 el que tuvo un mayor crecimiento en los diferentes muestreos del ciclo, seguido por el tratamiento 4, tratamiento que corresponden a plantas obtenidas mediante cultivo de tejidos.

Al comparar los resultados obtenidos en cuanto a la longitud de la planta difieren de lo reportado por Muñoz *et al.* (2015) ellos reportan longitudes entre los 111 y 112 cm utilizando una densidad de población de 4, 400 plantas·ha<sup>-1</sup>, y que al aumentar la densidad de población esta afecta el desarrollo de la planta, llegando a presentar longitudes promedio de 81.2 cm. La densidad de población tiene un efecto sobre el tamaño final de las plantas, como lo encontró Escorcía (2017) al obtener longitudes promedio entre los 79 y 96 cm en una densidad de población de 13, 333 plantas·ha<sup>-1</sup>, que es similar a la utilizada en esta investigación. Este efecto de la densidad de población es como lo explica Cizmovic *et al.* (2005), el crecimiento de la planta se ve limitado ya que, a mayor densidad de población, hay una mayor competencia por espacio, aire, agua y nutrientes.

La tasa de crecimiento es un efecto combinado de diferentes factores como la disponibilidad de luz, el agua, para mejorar la disponibilidad de CO<sub>2</sub> para el crecimiento y metabolismo secundario Cavatte *et al.* (2012), lo que puede explicar parcialmente que las cuando las plantas crecen en maceta de mayor volumen el sistema radical pueda tener un mejor desarrollo y aprovechar el recurso hídrico. En los resultados se puede observar que el crecimiento de las vitroplantas en ambos ciclos de producción fue superior a las plantas

propagadas por estacas, aunque su diferencia fue menor en el segundo ciclo, estos resultados no coinciden con los reportados Borkowska (2001) que para el cultivo de fresa las plantas obtenidas por micropropagación tuvieron un menor desarrollo vegetativo que aquellas que se propagaron en condiciones *ex vitro*.

En la Figura 5 se observa la dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo de la variedad 'Brown Turkey' en diferentes fechas de muestro. En el muestreo realizado a los 29 días iniciados los tratamientos el número de hojas fue mayor en las vitroplantas correspondientes al tratamiento 3 y 4 aunque sin tener diferencias estadísticas, a los 36 días el tratamiento tres (T3) fue superiores al tratamiento uno (T1) con promedio de 7.1 en comparación de promedio 5.63, en los muestreos realizados a los 44 y 50 días, el tratamiento 3 mantuvo un promedio mayor con respecto a los demás tratamientos, aunque no hubo diferencias estadísticas. A los 57 el tratamiento 3 fue estadísticamente superior al tratamiento 1, el mismo comportamiento se puede observar a los 100 y 122 días después de la poda. Resultados que son similares a los obtenidos por Escorcía (2017), donde las plantas de higo bajo un sistema intensivo presentaron de 16 a 18 por rama productiva. Por otro lado, Abo-El-Ez *et al.* (2013) para los cultivares Sultani, Kadota y Conadria contabilizaron 16, 20 y 21 hojas por tallo, sin embargo, estos cultivos mostraron un mayor crecimiento. Al igual que otras características morfológicas de las plantas de higo el número de hojas está determinado por el efecto de la interacción del genotipo y las condiciones ecológicas (Simsek, 2009).



**Figura 5. Dinámica de crecimiento de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$ .

En el cuadro 4, se presentan los resultados de análisis de varianza para la respuesta de plantas de higo al tipo de propagación (Factor A; propagación in vitro y por estaca), y el efecto de volumen de maceta (Factor B; volumen de maceta de 40 y 50 L) de los grados días de desarrollo para la aparición y maduración de las infrutescencias. Donde no se encontraron diferencias significativas para los factores A y B, el mismo caso se observó en la interacción de los factores.

En cuanto a las variables número de frutos y su crecimiento descrito por los diámetros polar y ecuatorial, solo se encontró diferencias significativas para la variable número de frutos en el factor tipo de propagación (A). Las variables correspondientes a la acumulación de biomasa y peso fresco de frutos, se presentan diferencias solo para la variable peso seco de hoja para ambos factores (A y B), y solo para el factor B para la variable peso fresco de frutos.

**Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables Grados días de desarrollo, acumulación de biomasa y desarrollo del fruto, para el efecto del tipo de propagación y volumen de maceta.**

<b>F.V.</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A*B</b>	<b>Error</b>
G.L.	1	1	1	16
GDDF	7075.94NS	22005.6NS	24746.3NS	1518.97
GDDM	55482.5NS	8182.6NS	19118.4NS	12931.89
NF	10.24**	0.057NS	0.011NS	
DEM	0.13NS	0.41NS	4.61NS	13.05
DPM	13.84NS	0.97NS	17.82NS	19.65
PSH	872.52NS	90.56NS	224.71NS	307.9
PST	2565.11**	2400.24*	1159.76NS	290.2
PFF	193.19NS	93.48NS	366.02*	60.16
PSF	4.33NS	2.3NS	0.71NS	1.63

F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variables; **GDDF**= Grados días de desarrollo, aparición de fruto; **GDDM**= Grados días de desarrollo madures de fruto; **NF**= Número de frutos; **DEM**= Diámetro ecuatorial de fruto; **DPM**= Diámetro polar de fruto. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; **PSH**= Peso seco de hojas; **PST**= Peso seco de tallos; **PFF**= Peso fresco de frutos; **PSF**= Peso seco de fruto. \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y NS= no significativo.

En la comparación múltiple de medias (Cuadro 5), no se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas. Se puede observar que, tanto para el tipo de propagación como el efecto del volumen de maceta, el tratamiento dos (T2) tuvo el menor promedio para la variable grados días de desarrollo en la aparición de frutos (1282.4 GDD), en contraste con el tratamiento uno (T1), teniendo un promedio mayor de (1419.1 GDD), para la variable grados días de desarrollo en maduración de frutos el tratamiento dos (T2) tuvo de igual manera el menor requerimiento de grados días de desarrollo teniendo un promedio final de 2970.8 GDD, mientras que el tratamiento cuatro tuvo el mayor requerimiento de grados días de desarrollo con un promedio de 3137.9 GDD. Resultados

que no concuerdan con lo mencionado por Bhatt (2021) que menciona que plantas propagadas *in vitro* de *Trichosanthes dioica*, tuvieron una floración anticipada en comparación a el uso de esquejes, lo que incremento su rendimiento, que coincide de igual manera con lo que reportan Bhatt *et al.* (2019) para la especie *Coccinea indica*, donde la floración de las plantas propagadas *in vitro* fue más rápida. En nuestro caso que no se ha encontrado este efecto puede deberse que, al ser una especie leñosa el periodo juvenil de la planta es mayor. En el caso de higo Pereira *et al.* (2015) al evaluar seis cultivares de higo encontraron un periodo de madurez entre 67 a 75 días, efecto que se atribuye al genotipo, las condiciones de crecimiento, el año de producción, pero principalmente al cultivar (Cuadro 4).

**Cuadro 5. Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, grados días de desarrollo el cumplimiento las estepas fenológicas para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.**

<b>Trat.</b>	<b>GDF</b>	<b>GDM</b>	<b>DE</b>	<b>DP</b>
T1: Estaca 40 L	1419.1 a <sup>z</sup>	3073.1 a	43.46 a	46.68 a
T2: Estaca 50 L	1282.4 a	2970.8 a	42.21 a	49.01 a
T3: In vitro 40 L	1311.1 a	3116.6 a	42.34 a	46.90 a
T4: In vitro 50 L	1315.1 a	3137.9 a	43.01 a	45.46 a
DMS	307.02	205.77	6.53	8.02
C.V.	12.73	3.69	8.44	9.43

**Trat**= Tratamientos; **DMS** diferencias mínimas significativas honesta; **C.V** Coeficiente de variación. **GDF**= Grados días de desarrollo a aparición de fruto; **GDM**= Grados días de desarrollo madures de fruto; **DE**= Diámetro ecuatorial de fruto; **DP**= Diámetro polar de fruto. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y **NS**= no significativo. <sup>z</sup> Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Para la variable diámetro de fruto se observa que no hay pérdida de calidad, encontrándose el promedio mayor (43.46) en el tratamiento uno (T1) para el diámetro ecuatorial, caso distinto en el diámetro polar, donde el tratamiento dos (T2) fue el mayor con un promedio final de (49.01). Resultados que coinciden con los reportados por

Mendoza (2019) con valores promedios de 4.4 cm, o lo encontrado por Darjazi (2011) con diámetros ecuatoriales de 2.1 a 4.5 cm, lo que indica que el diámetro es constante para los tratamientos aplicados y depende más del genotipo de la planta. El tamaño de fruto producido, está ampliamente ligado con la calidad de este, que se refleja por su longitud y diámetro, el peso fresco y su acumulación de biomasa, como lo confirman Nardozza *et al.* (2011) y Mendoza (2019). De igual Gaaliche *et al.* (2011) mencionan que el manejo agronómico mejora la calidad de frutos incrementando su tamaño y biomasa.

En el cuadro 6, se observa la variable peso seco de hojas no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, teniendo el mayor peso el tratamiento 4 con un promedio final de 71.21 g, contrario los tratamientos por estaca, (T2 y T1) teniendo promedios de 53.74 y 64.7 g, respectivamente. En las muestras de peso seco de tallo, el tratamiento 3 fue el mejor en acumulación de biomasa siendo estadísticamente superior, con un promedio de 74.36 g, en contraste con el tratamiento 2 con promedio de 29.8 g, este último siendo estadísticamente igual al tratamiento 1 y 4. Resultados que concuerdan parcialmente con los encontrados por Mendoza (2019) donde obtuvo una mayor acumulación de biomasa en tallos con un 32 % (68.5 g) y un 23 % en hojas (49.6 g).

En la variable peso de frutos fresco el tratamiento cuatro (T4) fue superior al tratamiento 2, con un promedio de 47.61 g en comparación de 32.84 g, siendo del mismo volumen de maceta, que son frutos pequeños si se comparan con los resultados obtenidos por Mendoza (2019) que reporta pesos promedio de 54 g, o Gaaliche *et al.* (2011) que para los cultivares Zidi y Bouhouli tuvieron frutos de 102 y 112 g, respectivamente. Diversos autores describen el comportamiento genotípico en cuanto al peso fresco de frutos de higo siendo muy variante se pueden encontrar desde frutos de 8.0 g hasta los 112 g (Luan *et al.*, 2003, Darjazi, 2011; Gaaliche *et al.*, 2011; Mendoza, 2019). El peso de fruto está determinado por la relación fuente – demanda, y la cantidad de fotoasimilados en la planta. Bhatt (2021) menciona que diferentes cultivos propagados comercialmente mediante el cultivo de tejidos tienen una temporada más larga para ser establecidos, de igual manera se dejan tener un mayor desarrollo sin que afecte su productividad.

En las muestras de peso seco para fruto no se encontraron diferencias estadísticas, siendo el tratamiento cuatro el que tuvo el mayor promedio de 7.1 g. Con respecto al

número de frutos se tiene mayor promedio en los tratamientos (1 y 2) que corresponden a plantas propagadas por estacas con 9.72 y 11 frutos, respectivamente. A diferencia de las plantas propagadas *in vitro* que produjeron en promedio 3 frutos. Que concuerda con lo mencionado con Bhatt (2021) que se ha mostrado una resistencia para aceptar las plantas propagadas *in vitro* por parte de los productores por las inconsistencias en su producción, que pueden resultar en una reducción de la capacidad de producción hasta del 50 %. Sin embargo, en los últimos años la producción de plantas mediante el cultivo de tejidos ha sido la base de diferentes unidades propagando entre 350 a 500 millones de plantas anualmente (Shukla, 2017).

La poca formación de infrutescencias de higo que mostraron las vitroplantas puede deberse al manejo agronómico que se dio a las plantas como lo menciona Rodríguez *et al.* (2016) que se necesitan manejos agrotécnicos específicos para obtener una buena productividad, además coincide con lo mencionado por Yan *et al.* (2012) que aunque las plantas propagadas *in vitro* tienen una clara ventaja a disminuir la diseminación de enfermedades, unos de los inconvenientes es la baja supervivencia al trasplante y en algunos casos la formación de pocos o ningún fruto. Sin embargo, Bhatt (2021) menciona que para el clón de limón ‘Kagzi’ propagado comercialmente *in vitro* y distribuido a diferentes productores tuvo un mayor rendimiento y una mayor temporada de producción. Al comparar la acumulación de biomasa en las diferentes estructuras de la planta, se observa que los frutos representan cerca del 35 % de la biomasa total de la planta para las plantas propagadas por estaca, valores que son similares a los que reporta Mendoza (2019), el encontró que los frutos pueden representar entre el 25.3 al 49.1 % de la biomasa total de acuerdo al sistema de producción que se establezca. También establece que el segundo órgano de la planta que tienen una mayor acumulación de biomasa son los tallos, datos que no concuerdan con los obtenidos en este trabajo donde las hojas fueron las estructuras que representaron la mayor cantidad de biomasa. En cuanto a la variable peso fresco de fruto difieren a los encontrados por Pereira *et al.* (2015) quienes para la variedad ‘Brown Turkey’ encontraron pesos promedio de 60 g por fruto. Crisosto *et al.* (2010) mencionan que el peso fresco de los frutos está influenciado por factores como el cultivar y el estado de madurez, para la variedad ‘Brown Turkey’ obtuvieron un peso promedio de 44.3 g para un estado de madurez comercial.

**Cuadro 6. Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, en el peso fresco y seco, de la biomasa de las estructuras de la planta.**

Trat.	PSH	PST	PFF	PSF	NF
T1: Estaca 40 L	64.70 a	36.48 b	37.07 ab	5.49 a	9.72 a
T2: Estaca 50 L	53.74 a	29.80 b	32.84 b	5.79 a	11.0 a
T3: In vitro 40 L	71.21 a	74.36 a	34.73 ab	6.04 a	2.84 b
T4: In vitro 50 L	73.65 a	37.22 b	47.61 a	7.10 a	3.09 b
DMS	31.75	30.83	14.03	2.31	5.15
C.V.	26.65	38.31	20.37	20.91	20.95

**Trat**= Tratamientos; **DMS** diferencias mínimas significativas honesta; **C.V** Coeficiente de variación. **PSH**= Peso seco de hojas; **PST**= Peso seco de tallos; **PFF**= Peso fresco de frutos; **PSF**= Peso seco de fruto; **NF**= Numero de frutos. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y **NS**= no significativo.

En el cuadro 7, se muestra el análisis de la varianza para las variables de acumulación de GDD durante la brotación y aparición de infrutescencias (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta Grados días de desarrollo en el cumplimiento de las etapas fenológicas, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.**

F. V	G. L	GDB	GDF
A (Tipo de P.)	1	72170 **	154 NS
B (V. Maceta)	1	410.5 NS	20685 NS
A*B	1	8.89 NS	50717 NS
Error	16	5212.80	37604.3

**F. V** Fuentes de variación; **G. L**= Grados de libertad. Variables; **GDB**= Grados días de desarrollo aparición de brote; **GDF**= Grados días de desarrollo, aparición de fruto. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y **NS**= no significativo.

Para el factor A se encontraron diferencias altamente significativas para los grados días de desarrollo para aparición de brotes, en la variable grados días desarrollo en aparición de fruto no se encontraron diferencias significativas. Para el factor B ninguna de las variables se encontraron diferencias significativas, el mismo comportamiento se presenta en las interacciones de los factores.

De acuerdo a los valores promedio, para la variable grados días de desarrollo en aparición de brote (GDB) los tratamientos 1 y 2 fueron estadísticamente diferentes ya que presentaron una acumulación de 178.43 y 170.70 GDD, respectivamente; lo que significa que las plantas propagadas por estaca necesitaron una mayor acumulación de GDD para su brotación, contrario a las vitroplantas donde se tiene una media en el tratamiento (T3) de 59.62 GDD y el tratamiento (T4) con 49.23 (Cuadro 8). Resultados que coinciden con los reportados por Bhatt *et al.* (2019) que para la especie *Coccinea indica*, la etapa reproductiva de las plantas propagadas *in vitro* fue más rápida. Lo que explica Hernández *et al.* (2010), que mencionan que la diferencia entre la duración de las etapas fenológicas para cada variedad, es una manera de indirecta de medir la adaptación a las condiciones de cultivo en las que se establece la planta.

**Cuadro 8. Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta, grados días de desarrollo el cumplimiento las estepas fenológicas para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo.**

Trat.	GDB	GDF
T1: Estaca 40 L	9.72 a	1331.1 a
T2: Estaca 50 L	11.0 a	1166 a
T3: In vitro 40 L	2.84 b	1235.9 a
T4: In vitro 50 L	3.09 b	1272.3 a
DMSH	5.15	350.89
C.V.	34.03	15.49

**Trat**= Tratamientos; **DMS** diferencias mínimas significativas honesta; **C.V** Coeficiente de variación. **GDB**= Grados días de desarrollo, aparición de brote; **GDF**= Grados días de desarrollo aparición de fruto; **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y **NS**= no significativo.

En el cuadro 9, se puede observar el análisis de varianza que corresponde a la respuesta del crecimiento de fruto a los factores evaluados en nueve fechas de evaluación.

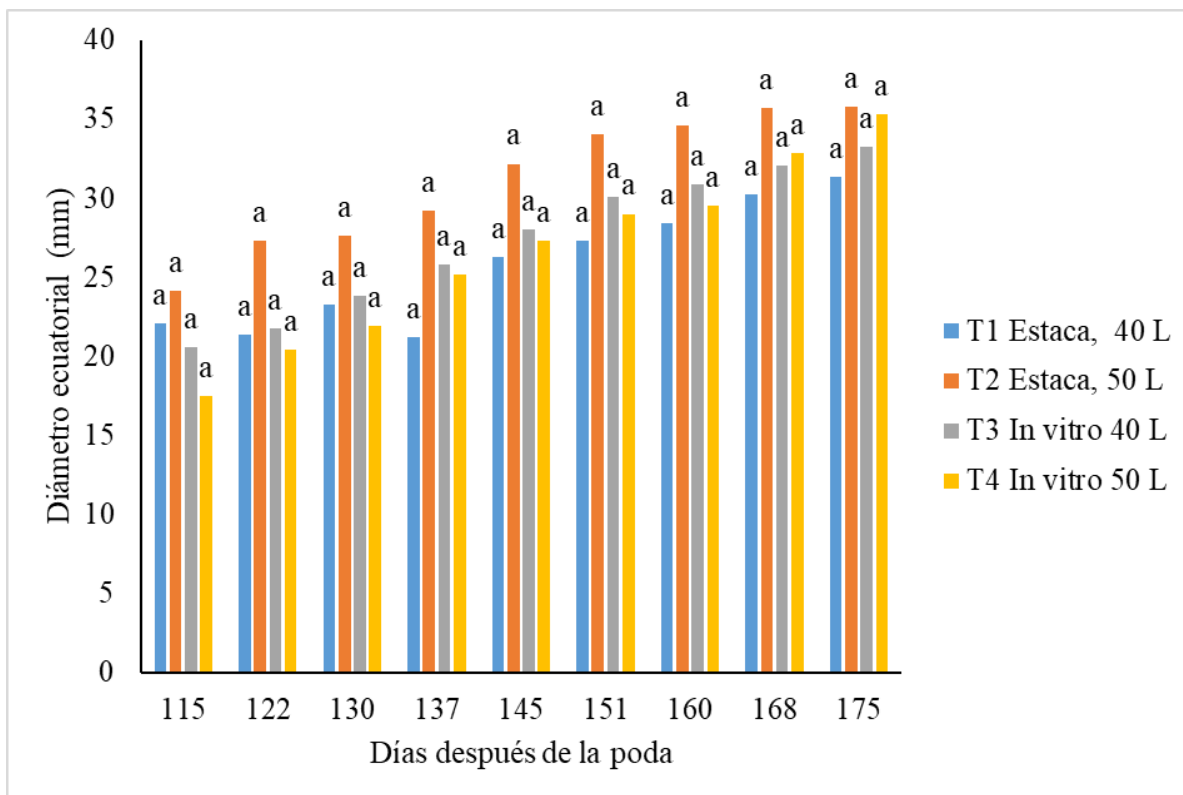
**Cuadro 9. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de respuesta en nueve fechas de evaluación, en el crecimiento del fruto, para el tipo de propagación y volumen de maceta en el crecimiento vegetativo**

F.V.	Días	A	B	A*B	Error
G.L.		1	1	1	16
DE1	115	82.49 NS	1.50 NS	32.25 NS	52.55
DP1		229.29 NS	1.44 NS	35.53 NS	80.70
DE2	122	51.80 NS	26.28 NS	67.82 NS	60.61
DP2		208.39 NS	94.26 NS	60.90 NS	90.71
DE3	130	33.12 NS	7.68 NS	48.98 NS	71.51
DP3		265.42 NS	16.85 NS	48.85 NS	89.61
DE4	137	7.63 NS	23.50 NS	40.21 NS	62.97
DP4		161.42 NS	29.13 NS	29.96 NS	86.44
DE5	145	12.27 NS	34.24 NS	53.56 NS	52.89
DP5		190.15 NS	31.77 NS	59.61 NS	66.54
DE6	151	6.27 NS	40.38 NS	77.46 NS	43.29
DP6		112.71 NS	111.01 NS	112.52 NS	47.15
DE7	160	8.77 NS	28.48 NS	71.10 NS	40.51
DP7		102.15 NS	150.81 NS	90.14 NS	59.49
DE8	168	1.38 NS	49.58 NS	27.40 NS	28.22
DP8		44.19 NS	156.07 NS	78.44 NS	36.45
DE9	175	2.42 NS	52.78 NS	7.28 NS	14.17
DP9		30.82 NS	134.31 *	39.67 NS	18.05

F. V=Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variables; **DE**= Diámetro ecuatorial de fruto; **DP**= Diámetro polar de fruto. **A**=tipo de propagación; **B**= volumen de maceta; \*\* altamente significativo con  $P \leq 0.01$ . \* significativo con  $P \leq 0.05$  y NS= no significativo.

De acuerdo al análisis se encontró que los factores tipo de propagación (A) y el volumen de maceta (B) no tienen una influencia sobre esta variable, a excepción del diámetro polar después de 175 de iniciados los tratamientos. En cuanto a la interacción de los factores no se encuentran diferencias.

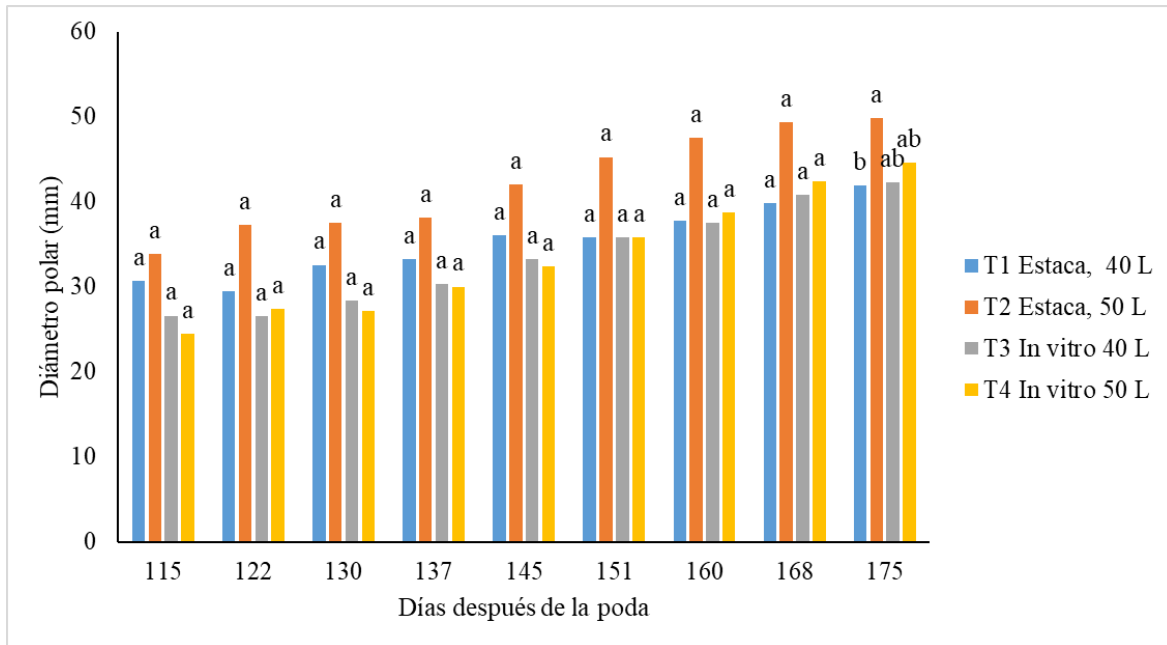
En la figura 6 se observa la dinámica de crecimiento de los frutos de higo de la variedad 'Brown Turkey' en diferentes fechas de muestro. En la primera fecha de muestreo realizada a los 115 días después de la poda, las plantas propagadas por estaca tuvieron un mayor diámetro ecuatorial con un promedio de 22.1 mm para el tratamiento 1 y de 24.11 mm para el tratamiento 2, contrario a las vitroplantas que tuvieron un promedio de 20.59 mm el tratamiento 3 y el tratamiento 4 con promedio de 17.50 mm; sin tener diferencias estadísticas entre los tratamientos. En general el diámetro ecuatorial permaneció sin diferencias estadísticas durante las fechas de evaluación entre los cuatro tratamientos, teniendo un mayor promedio final para el tratamiento 2 (35.81 mm) y el tratamiento 4 (35.30 mm), que corresponden a plantas establecidas en macetas de 50 L. Por el contrario, las plantas de macetas de 40 L, tuvieron promedios de 31.35 mm para el tratamiento 1 y 33.25 mm en el tratamiento 3. Como se puede observar el diámetro ecuatorial es una variable que no varía de acuerdo a los tratamientos y se mantiene constante, los resultados encontrados son similares a los reportados por Escorcía (2017) que para el cultivar Netzahualtoyotl es un sistema intensivo de producción y someterlos a diferentes soluciones nutritivas los frutos tuvieron un diámetro entre 4.2 a 4.6 cm, por otro lado, Abo-El-Ez *et al.* (2013), al evaluar tres ciclos de producción para tres cultivares de higo diámetros entre 4.01 a 5.21 cm. Resultados que los atribuye a la extensión del área foliar y suplementación de carbohidratos durante el desarrollo de los frutos por parte de las hojas. Además de mencionar que dependiendo del cultivar muestran una diferencia en vigor, crecimiento y productividad.



**Figura 6. Dinámica de crecimiento de frutos en el diámetro ecuatorial en plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$ .

En la figura 7, se observa la dinámica de crecimiento en cuanto al diámetro polar del fruto de higo de la variedad 'Brown Turkey' en diferentes fechas de muestro. En la primera fecha de evaluación, los tratamientos 1 y 2 tuvieron un mejor comportamiento (30.7 y 33.9 mm, respectivamente) que corresponden a plantas propagadas por estaca. En comparación las vitroplantas tuvieron promedios de 26.59 mm en el tratamiento 3 y 24.47 mm del tratamiento cuatro (T4), aunque sin diferencias estadísticas entre tratamientos. Tendencia que se mantuvo dentro de la segunda (122 días) a la octava (168 días) fecha de muestro. A los 175 días después de la poda, el tratamiento 2 presentó un mayor diámetro 49.82 mm siendo estadísticamente superior al tratamiento 1 con promedio final de 41.89 mm, y sin diferencias estadísticas para los tratamientos T3 (42.22 mm) y T4 (44.59 mm). Estos resultados son similares a los reportados por Abo-El-Ez *et al.* (2013) donde obtuvieron diámetros polares (altura) entre los 3.5 a 5.70 cm.



**Figura 7. Dinámica de crecimiento de frutos diámetro polar de plantas y vitroplantas de higo en dos tamaños de maceta.**

Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$ .

## VII. CONCLUSIÓN

La propagación y volumen de maceta no afecta la altura de los tallos productivos, siendo las vitroplantas con mayores promedios en ambas variables, pero sin tener diferencias significativas.

Los grados días de desarrollo en las etapas fenológicas en aparición y maduración de frutos no están determinados por la propagación y el volumen de maceta, siendo similares las vitroplantas y plantas propagadas por estaca. Sin embargo, las vitroplantas tienden a brotar con menor requerimiento de grados días de desarrollo.

El crecimiento de las infrutescencias es similar para las vitroplantas y plantas propagadas por estaca, siendo las vitroplantas las que mayor peso de fruto fresco, pero con menor número de frutos por planta, siendo la mejor opción las plantas propagadas por estaca para la producción intensiva.

La propagación tiene una relación con la biomasa obtenida en las estructuras de las vitroplantas, si bien no se tuvo diferencias estadísticas en el crecimiento y desarrollo de las vitroplantas, si tuvieron mayores promedios en comparación con las plantas propagadas por estaca.

En general no hubo efecto de volumen de maceta entre 40 y 50 L, en este caso la mejor opción para la producción intensiva es la maceta de 40 L, ya que reduciría los costos de producción.

### VIII. LITERATURA CITADA

- Abo-El-Ez A.T., R. A. Mostafa A., y I. Badawy F. 2013. Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7(2): 709 – 714.
- Al-Zalzaleh A. H. y G. Dacruz. 2018. Evaluation of varieties and cultural practices of fig trees for production in Kuwait. International Journal of Advances in Science, Engineering and Technology 6 (3): 28-32.
- Ammar A., I. Ben A., M. Mars y M. Gouiaa. 2020. Seasonal variation of fig tree (*Ficus carica* L) physiological characteristics reveals its adaptation performance. South African Journal of Botany 132: 30-37.
- Badr A., P. Angers y Desjardins Y. 2015. Comprehensive analysis of in vitro to ex vitro transition of tissue cultured potato plantlets grown with or without sucrose using metabolic profiling technique. Plant Cell Tissue and Organ Culture 122 (2): 491–508.
- Barrera J., Suárez, D., y Melgarejo, L. M. 2010. II. Análisis de crecimiento en plantas. *In*: Experimentos de fisiología vegetal. Charlies impresores Ltda.: Colombia. pp: 25-38
- Barrios E. P., Muñoz Urias, A., Ramírez Hernández, B. C., y Lucila, M. M. 2006. Desarrollo vegetal (Vol. 46). Impreso en México. 329 p.
- Bhatt D. 2021. Commercial Micropropagation of Some Economically Important. [Agricultural Biotechnology] Crops *In*: Kumar Srivastava, D., A. Kumar Thakur, P. Kumar. (eds) Latest Research and Trends . Springer, Singapore. 726 p.
- Bhatt D., P. Bhatt, D. Patel, D. Jagdale. 2019. Commercial production of micropropagated *Coccinea indica* (Tondli) - a success story. Journal of AgriSearch 6: 59 – 63.
- Borkowska B. 2001. Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted in vitro or ex vitro. Scientia Horticulturae 89 (3): 195-206.
- Bravo M. 2009. Cultivo de la higuera breval. Agente de Extensión Agraria, 1(1), 1-5.
- Caliskan O. 2015.. Mediterranean figs (*Ficus carica* L.) functional food properties. *In*: The Mediterranean Diet. Chapter 56.
- Cavatte C.P., N.F. Rodríguez L., S.C. Martins V., M. Mattos S., L. M.V. Sanglard P., y F. DaMatta M. 2012. Functional analysis of the relative growth rate, chemical

- composition, construction and maintenance costs, and the payback time of *Coffea arabica* L. leaves in response to light and water availability. *Journal of Experimental Botany* 63(8): 3071-3082.
- Cizmovic M., R. Popovic., M. Radulovic., S. Malidan y T. Perovic. 2005. Cropping parameters in some one-crop fig cultivars in the region of Bar. *Vocarstvo* 39 (4): 379-386.
- Condit I. J. 1969. *Ficus: The Exotic Species*. University of California, Division of Agricultural Sciences, California E.U. 363 p.
- Crisosto C. H., V. Bremer., L. Ferguson., y G. M. Crisosto. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience* 45(4): 707 - 710
- Cross H. Z., and M. S. Zuber. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agronomical Journal* 64: 351-355.
- Darjazi B.B. 2011. Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology* 10 (82): 19096-19105.
- De Cara G. J. A., C. Ruiz L. y A. Mestre B. 2007. Adaptación del código BBCH a la observación fenológica de la AEMET. *Jonadas científicas del AME*. 30: 1-7
- Demiralay A, Yalçın-Mendi Y, Aka-Kaçar Y, Çetiner S. 1998. In vitro propagation of *Ficus carica* L. var. Bursa Siyahi through meristem culture. *Acta Horti* 480:165–167
- Elías C. F. y S. F. Castellví. 2001. *Agrometeorología*. 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 517 p.
- Escorcía G. L. 2017. Caracterización nutrimental del cultivo de higo (*Ficus carica* L.) en producción intensiva bajo invernadero. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 54 p.
- Espinosa, P. 1996. Técnicas de propagación vegetativa. Instituto Agropecuario Nacional. Argentina. pp 57-61.
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Base de datos agrícolas. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI> (Revisado el 2 de abril de 2022)

- Fernández. I. 2016. Caracterización química y morfológica de ocho ecotipos de higo (*Ficus carica* L.). Tesis de licenciatura. Toluca, México. 62 p.
- Flores M.D., M y Jiménez B. V. 2007. Desarrollo del cultivo del higo (*Ficus carica*) para consumo frescos y procesados, como una alternativa de diversificación para el sector agrícola. Proyecto de Investigación. Instituto tecnológico de Costa Rica. 93p.
- Gaaliche B., Trad M., y Mars 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.
- García R.M., T. 2014. Caracterización morfológica y genética de variedades mexicanas de higo (*Ficus carica* L.). Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. México. 142 p.
- Gardner R.L., Lyon, M.F., Evans, E.P., Burtenshaw, M.D. 1985. Clonal analysis of X-chromosome inactivation and the origin of the germ line in the mouse embryo. *J. Embryol. Exp. Morph.* 88:349-363.
- Gastiazoro, J. 2006. Fenología Agrícola. Universidad Nacional del Comahue [en línea]. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. [Consultado: sep. 2006]. Disponible en: <http://academicos.cualtos.udg.mx/Agroindustrias/PaginaFv/Lecturas/Fenologia.ht>
- Gonzales A., y Grajal, M. 2011. Higueras de Canarias, Caracterización morfológica de variedades. Islas Canarias: Sabater. 126 p.
- Gutiérrez L.J., L Martínez M.M. Navarro S.L. y Niembro G.C., A. 2014. El cultivo de higo (*Ficus carica* L.). Parentalia ediciones, Edo. México. 83 p.
- Hazarika B.N., 2003. Acclimatization of tissue-cultured plants. *Curr Sci* 85:1704–1712
- Hernández L., N. Hernández., F. Soto., y M. A. Pino. 2010. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos tropicales* 31(1): 54 – 61.
- Hronkova M, H. Zahradnickova, M. Simkova, P. Simek, A. Heydova. 2003. The role of abscisic acid in acclimation of plants cultivated *in vitro* to *ex vitro* conditions. *Biologia Plantarum* 46: 535–541.
- Hunt R. 1978. Plant growth analysis. Edward Arnold. London. 67 p.

- Izarra W., y Lopez, f. 2014. Servicio nacional de meteorología e hidrología. Obtenido de manual de observaciones fenológicas, volumen II, SENAMHI, Edición: manual feno. 99 p.
- Joab A. 2010. El higo taxonomía. Alerta Económica: pp.12-19.
- Karandeniz T. 2009. Clonal Selection in Siyah Fig cv. at Black Sea Region of Turkey. *In*: Fourth International Symposium on Fig. Meknes, Morocco. pp: 66-68.
- Kislev M. E., A. Hartmann. y O. Bar Y. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*. 312 (5778): 1273-1275.
- Krezdorn y Adriance. 1984. La higuera, recomendaciones para el cultivo y rocesamiento de esta fruta. *Agricultura de las Américas* 8(2): 26-33.
- Kumar A. O. Bajpai A. K. Mishra N. Sahu S., K. Behera, L. B. Chaudhary. 2011. Assessment of Diversity in the Genus *Ficus* L. (Moraceae) of Katerniaghat Wildlife Sanctuary, Uttar Pradesh, India. *American Journal of Plant Science* 2:78-92.
- Lema L. 2011. Evaluación de la eficacia de seis enraizantes en la propagación por esquejes de tres cultivares de *Hypericum* (*Hypericum* sp.). Tesis de Licenciatura. Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.91 p.
- Luan C. H., M. Yu., F. Chu K., H. Liu, Y., y C. Du G. 2003. The performance of Ziguo fig variety in Jiaxiang county. *China Fruits* 2: 55.
- Macias R.H., Velásquez, V. M., Villa, C. M., Rivera, G.M., y Muñoz, V. A. 2014. Evaluación experimental en higuera para implementar poda inicial en altas densidades de plantación con macro túnel en la región lagunera. *Agrofaz* 14 (2): 33-38
- McMaster G. S., and W. Wilhelm. W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology* 87 (4): 291–300.
- McMaster G.S., 1993. Another wheat (*Triticum* spp.) model? Progress and applications in crop modeling. *Rivista di Agronomia* 27: 264-272.
- McMaster G.S., W. Wilhelm W., A. Morgan J. 1992. Simulating winter wheat shoot apex phenology. *Journal of Agricultural Science*: 119: 1-12.
- Melgarejo M. P. 1999. El cultivo de la higuera (*Ficus carica* L.), edición. A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid. 116 p.

- Mendoza Castillo, V. M. 2013. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L) en producción forzada bajo cubierta plástica. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. México. 99 p.
- Mendoza R.J., L. 2019. Efecto de tres dosis de ROOT-HOR en el enraizamiento de estacas de higo (*Ficus carica*) en condiciones de vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad del Santa, Chibote, Peru. 70 p.
- Mendoza-Castillo V.M., J.M. Vargas C., G. Calderón Z., M.C. Mendoza C., y A. Santacruz V. 2017. Intensive production systems of fig (*Ficus carica* L.) under greenhouse conditions. *Experimental agriculture* 53(3): 339-350.
- Mohr L. B. 1995. Impact analysis for program evaluation. Sage. 208 p.
- Morocho, G. 2015. Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (AIB), y ácido naftalenacético (ANA) en diferentes concentraciones en ventanas. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 59 p.
- Muñoz V. J. A., M. Palomo R., H. Macías R., M. Rivera G. y G. Esquivel A. 2015. Dinámica del crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-túneles. *AGROFAZ* 15:133-141.
- Nardozza S., Gamble J., L. Axten G., M. Wohlers W., M. Clearwater J., Feng J., y Harker F.R. 2011. Dry matter content and fruit size affect flavour and texture of novel *Actinidia deliciosa* genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(4): 742-748.
- Nunez-Ramos J, E. Quiala, L. Posada, S. Mestanza, L. Sarmiento, D. Daniels, C. Arroyo, B. Naranjo, K. Vizuite, C. Noceda, R. Gomez-Kosky. 2020. Morphological and physiological responses of tara (*Caesalpinia spinosa* (Mol.) O. Kuntz) microshoots to ventilation and sucrose treatments. *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 57: 1 -14.
- Parra L.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. 102 p.

- Pasqual M., Ferreira, E.A. 2007. Micropropagation of Fig Tree (*Ficus carica* sp). In: Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits. Jain, S.M., Häggman, H. (eds). Springer, Dordrecht. pp: 409-416.
- Pereira C., M. J. Serradilla., A. Martín., M del C. Villalobos., F. Pérez G., y M. López C. 2015. Agronomic behaviour and quality of six cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae* 185: 121 – 128.
- Prabhakar, B. N., S. Halepyati A., B. Desai K. and T. Pujari B. 2007. Growing degree days and photo thermal units accumulation of wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.) genotypes as influenced by dates of sowing. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 20(3): 594-595.
- Pucha M.L.A 2016. Evaluación de nueve accesiones de higo (*Ficus carica* L.) en la estación experimental del austro del INIAP, cantón Gualaceo provincia del Azuay-Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 181 p.
- Qadir G., A. Cheema M., F. Hassan, M. Ashraf and M. Wahid A. 2007. Relationship of heat units accumulation and fatty acid composition in sunflower. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 44(1): 24-29.
- Radosevich S.R y Holt J.S. 1984. Weed ecology. Implications for vegetation management. Wiley. 2a ed. New York. 265 p.
- Rodríguez R., R. Becquer, Y. Pino, D. López, R. Rodríguez, G. Lorente, R. Izquierdo, y J. González. 2016. Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L) Merr) MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos Tropicales* 37(1): 40-48
- Rojas G. S., García L. J. y Alarcón R. M. 2004. Propagación Asexual De Plantas. Editorial Produmedios. 31 p.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2019. Morelos principal productor de higo a nivel nacional [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cmorelos/articulos/morelos-principal-productor-de-higo-a-nivel-nacional> (Revisado el 6 de abril del 2022)
- Santos K.R, Pereira M.P, Ferreira A.C.G, Rodrigues LCA, Castro E.M, Correa F.F, Pereira F.J 2015. *Typha domingensis* Pers. growth responses to leaf anatomy and photosynthesis as influenced by phosphorus. *Aquat Bot* 122:47–53.

- Shin K.S., S. Park Y., y K. Paek Y. 2013. Sugar metabolism, photosynthesis and growth of *in vitro* plantlets of *Doritaenopsis* under controlled microenvironmental conditions. *Vitro Cell Dev Biol - Plant* 49:445–454.
- Shukla S. 2017. National Certification System for tissue culture raised plants (NCS-TCP) as the unique quality management system for plant tissue culture sector: its inception, evolution, impact and way forward. *International Journal of Tropical Agriculture* 35(3): 415–423
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [En línea]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Revisado el 2 de abril de 2022)
- Simsek M. 2009. Evaluation of selected fig genotypes from South east Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8(19): 4969-4976.
- Soberanes-Pérez A. 2018. Aplicación de bioactivadores en la producción forzada de higo. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. México. 75 p.
- Sol M. M. C., y A. Cañizarez. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.) *Revista UDO Agrícola* 5(1): 62 – 67.
- Souza A. P., A. Silva C., S. Leonel y J. Escobedo F. 2009. Temperaturas basais e soma térmico para a figueira podada em diferentes épocas. *Revista Brasileira Fruticultura*. 31(2): 314-322.
- Storey W.B. 1975. Figs. *In: Advances and fruit breeding* Indiana. Janick J, Moore JN (eds) Purdue University Press, West Lafayette, Indiana pp: 568–589
- Stover E.M. Aradhya L. Ferguson C. H. Crisosto. 2007. The Fig: Overview of an Ancient Fruit. *HortScience*. 42 (5): 1083-1087.
- Taiz L., y Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal. Vol. 10. Universitat Jaume I. 580 p.
- Tomalá G. y Ulloa, D. 2015. Estudio de factibilidad para la creación de un centro de producción y comercialización de un producto hecho a base de Higo (*Ficus carica*) en la ciudad de Guayaquil. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 162 p.

- Vemmos S. N., E. Petri y V. Stournaras. 2013. Seasonal changes in photosynthetic activity and carbohydrate content in leaves and fruit of three fig cultivars (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae* 160: 198 – 207.
- Villalobos J. A. M., Rodríguez, M. P., Rodríguez, H. M., González, M. R., y Arriaga, G. E. 2015. Dinámica del crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-tuneles. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 15(2), 133-141.
- Wandile R. M., M. Raut, M., V. Washimkar S., y S. Bhaisare B. 2005, Residual effect of long-term application of N, P, Zn and FYM on soil properties of Vertisols yield, protein and oil content of soybean. *J. soils and crops* 15 (1): 155-159.
- Westwood, N.W. 1982. *Temperature Zona Pomology*. Ed. Freeman Co. San Francisco, California, E.U.A. 184-188 p.
- Yan H., C. Liang, L. Yang, Y. Li. 2010. In vitro and ex vitro rooting of *Siratia grosvenorii*, a traditional medicinal plant. *Acta Physiologiae Plantarum* 32: 115 – 120.



**BUAP**

*“HUP, 50 años de enseñanza y salud”*

Oficio No. FCAyP/247/2022

**Asunto:** Impresión de Tesis.

**C. Isac Soza García**  
**Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE**

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Luís Antonio Domínguez Perales (**Director de Tesis**), Dr. Sigfrido David Morales Fernández (**Asesor**) y M.C. Fabiel Vázquez Cruz (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

**“Crecimiento y desarrollo de vitroplantas de higo (*Ficus Carica* L.) bajo invernadero”**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agrohidráulica.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 03 de Mayo de 2022.

Dr. Armando Ibáñez Martínez  
Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario  
Dr. AIM/mlsm