



BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**“DESARROLLO FENOLÓGICO DE CINCO VARIEDADES DE HIGO
(*Ficus carica* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

PRESENTA

IANIRA AMALIA BANDALA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

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



BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**“DESARROLLO FENOLÓGICO DE CINCO VARIEDADES DE HIGO
(*Ficus carica* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

PRESENTA

IANIRA AMALIA BANDALA DOMÍNGUEZ

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: “Desarrolló fenológico de cinco variedades de higo (*Ficus carica* L.) bajo condiciones de invernadero”. **Y realizada por** Ianira Amalia Bandala Domínguez. **Ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:**

LICENCIADA EN INGENIERIA AGROHIDRAULICA

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

Agradezco a dios por la oportunidad que me ha dado para cumplir mis metas, por estar siempre conmigo y sentir su apoyo en todo momento, y por llenar mi corazón de fortaleza y coraje para seguir adelante, con disciplina, compromiso, paciencia y entrega.

Dedico esta tesis principalmente a mis padres Abel y Angela quienes fueron de gran apoyo en todo momento en mi vida.

A los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, mantuvieron a desarrollarme como persona y profesional en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

A mis hermanos Abel, Camila y Zaid que forman parte de mi vida.

A mis amigos Nimbe, José Luis, German, Juan Israel, Aldahir, Isaac, Cecy y Juneth por la compañía y risas que nunca faltaron.

A mis abuelitos: David, Camila, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis tíos: Juan, Martín y Jorge.

A mis tías: Carmen y Marina.

A mi mascota Doky.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A la carrera de Ingeniería Agrohidráulica por el apoyo durante mi estancia en la licenciatura.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Luis Antonio Domínguez Perales, por sus conocimientos brindados antes y durante el proceso de investigación y redacción.

Agradezco a mis asesores de tesis y los integrantes de la coordinación de la licenciatura, por el tiempo dedicado en este trabajo.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Origen de higo.....	5
4.2 Clasificación taxonómica del higo (<i>Ficus carica</i> L.).....	5
4.3 Descripción morfológica.....	5
4.3.1 Raíz	6
4.3.2 Tallos y ramas	6
4.3.3 Hojas	6
4.3.4 Flor	6
4.4 Importancia económica	7
4.4.1 Producción mundial.....	7
4.4.2 Producción nacional de higo	8
4.4.3 Rendimiento	8
4.5 Requerimientos edafoclimáticos	9
4.5.1 Suelos	9
4.5.2 Temperatura	9
4.5.3 Agua	10
4.5.4 Nutrición	11
4.6 Grados días de desarrollo (GDD).....	11
4.6.1 Cálculo de los grados día de desarrollo (GDD)	11
4.6.1.2 Método residual.....	12
4.7 Métodos de propagación	12

4.7.1 Propagación Vegetativa.....	12
4.7.2 Propagación por estacas	12
4.7.3 Propagación por acodo aéreo	12
4.7.4 Micropropagación	13
4.8 Cultivo de higo bajo cubierta	13
4.9 Crecimiento	13
4.10 Desarrollo.....	14
4.11 Fases del desarrollo	14
4.12 Fenología del higo.....	14
4.12.1 Fases fenológicas de la higuera.....	16
4.13 Fisiología de la higuera	16
4.13.1 Reposo y necesidades de frio invernal	16
4.14 Variedades de interés comercial.....	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1 Ubicación del experimento.....	19
5.2 Material vegetal.....	19
5.3 Establecimiento y conducción del experimento	20
5.4 Diseño experimental.....	20
5.5 Variables climáticas	21
5.6 Variables Evaluadas	21
5.7 Análisis estadístico.....	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
VII. CONCLUSIÓN.....	48
VIII. LITERATURA CITADA	49

INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable respuesta grados días de desarrollo en diferentes etapas fenológicas de cinco variedades de higo.	23
Cuadro 2. Duración promedio de las etapas fenológicas de cinco variedades de higo	26
Cuadro 3. Acumulación de promedio de GDD en cuatro fases fenológicas de 5 variedades de higo.	28
Cuadro 4. Duración promedio de las etapas fenológicas de cinco variedades de higo, segundó ciclo.	30
Cuadro 5. Acumulación de promedio de GDD en cuadro fases fenológicas de 5 variedades de higo, segundo ciclo.	32
Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significancia para las cinco variedades de higo, en siete fechas de evaluación	33
Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para las cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación.....	39
Cuadro 8. Cuadrados medios del peso seco de 5 variedades de higo	45
Cuadro 9. Acumulación de promedio del peso seco de 5 variedades de higo	47

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del experimento	19
Figura 2. Dinámica de crecimiento en longitud de brotes (cm) de cinco variedades de higo, en siete fechas de evaluación.	35
Figura 3. Diámetro (mm) del crecimiento de cinco variedades de higo, durante siete fechas de medición.....	37
Figura 4. Numero de hojas de cinco variedades de higo, durante siete fechas de medición.....	38
Figura 5. Dinámica de crecimiento en longitud de brotes (cm) de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación.	41
Figura 6. Dinámica de crecimiento en diámetro de la planta (mm) de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación.....	43
Figura 7. Dinámica de crecimiento en número de hojas de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación.....	44

RESUMEN

El higo (*Ficus carica* L.) está íntimamente ligado a la alimentación humana y su cultura desde tiempos inmemoriales, los primeros higos en el Nuevo Mundo fueron plantados en México en 1560. Ambientalmente el higo de manera articulada se adapta fácilmente a diferentes ecosistemas existentes en el país y a diferentes tipos de suelo y niveles de fertilidad. Por consiguiente, en el presente trabajo se determinó la implementación de sistemas de producción de agricultura protegida y de manera intensiva, alternativa que permite aumentar la producción y rendimiento del higo. El diseño experimental fue bloques al azar con cinco repeticiones considerando un árbol como unidad experimental, se evaluaron días a brotación, a tercera hoja, a quinta hoja, longitud y diámetro de tallos productivos y la cuantificación de GDD en brotación en la aparición y aparición de frutos. Para esto se evaluaron durante dos ciclos de crecimiento cinco variedades de higo con potencial comercial, las cuales se establecieron en agosto de 2020 y crecen bajo condiciones de invernadero en macetas de plástico negras de 50 L de capacidad, en un arreglo de plantación intensivo con un distanciamiento entre plantas de 0.60 m y de 1.60 m entre hileras. Los resultados mostraron un comportamiento diferente entre ellas, siendo la variedad Netzahualcóyotl la que necesita un menor número de 1251.1 GDD para completar su ciclo. Mientras que la variedad que presentó una mayor duración en cuanto a sus etapas fenológicas fue 'Black mission' 1820 GDD. En cuanto a su crecimiento las cinco variedades presentaron diferencias significativas para las variables longitud, diámetro de tallo, se vio influido por las variables climáticas. En cuanto a la acumulación de biomasa se encontró que la variedad 'Cuello de princesa' acumuló una mayor biomasa en los tallos, mientras que la variedad 'Netzahualcoyotl' tuvo una mayor acumulación en los frutos.

Palabras clave: *Ficus carica* L., Fenología, Grado días de desarrollo, variedades de higo.

ABSTRACT

The fig (*Ficus carica* L.) is closely linked to human nutrition and its culture since time immemorial, the first figs in the New World were planted in Mexico in 1560. Environmentally, the fig easily adapts to different ecosystems in the country and to different types of soil and fertility levels. Therefore, in the present work, the implementation of protected agriculture production systems was determined and in an intensive way, an alternative that allows increasing the production and yield of the fig. The experimental design was randomized blocks with five repetitions considering a tree as the experimental unit, days to sprouting, third leaves, fifth leaf, length and diameter of productive stems and the quantification of GDD in sprouting at the appearance and appearance of fruits. For this, five fig varieties with commercial potential were evaluated during two growth cycles, which were established in August 2020 and grow under greenhouse conditions in black plastic pots with a capacity of 50 L, in an intensive planting arrangement with a spacing between plants of 0.60 m and 1.60 m between rows. The results showed a different behavior between them, being the Netzahualcoyotl variety the one that needed a lower number of 1251.1 GDD to complete its cycle. While the variety that presented a longer duration in terms of its phenological stages was 'Black mission' 1820 GDD. Regarding its growth, the five varieties presented significant differences for the variables length, stem diameter, it was influenced by climatic variables. Regarding the accumulation of biomass, it was found that the variety 'Cuello de Princesa' accumulated a greater biomass in the stems, while the variety 'Netzahualcoyotl' had a greater accumulation in the fruits.

Keywords: *Ficus carica* L., Phenology, Degree days of development, fig varieties

I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de frutas para el consumo nacional se restringe a temporadas de cosechas reducidas, por lo que el espacio del mercado incrementa la posibilidad de importar grandes volúmenes de frutos de diferentes especies, incluyendo al higo.

El higo (*Ficus carica* L.) está íntimamente ligado a la alimentación humana y su cultura desde tiempos inmemoriales, los primeros higos en el Nuevo Mundo fueron plantados en México en 1560. En el país ha sido una especie poco estudiada en relación con otras plantas cultivadas, esto a pesar de ser una especie de fácil multiplicación vegetativa, y por ello posiblemente su distribución se ha incrementado con la relativa facilidad.

En México se cultivan cerca de 1,456 hectáreas, con una producción estimada de 7,088 toneladas, siendo los principales productores: Morelos, Baja California Sur, Puebla e Hidalgo (SIAP, 2016). El cultivo se desarrolla mejor en climas cálidos, con veranos calurosos y con pocas heladas en invierno. Por esta razón, las condiciones de invierno es una alternativa para incrementar la producción, mejorar la calidad del fruto, reducir el ataque de plagas y el uso de insecticidas (Mendoza-Castillo, 2017).

Ambientalmente el higo de manera articulada se adapta fácilmente a diferentes ecosistemas existentes en el país y a diferentes tipos de suelo y niveles de fertilidad. Esta especie tiene un crecimiento radicular importante por lo que se podría utilizar como una planta para la restauración ambiental (forestación y reforestación). Fisiológicamente exige poca agua para su desarrollo y es poco susceptible al ataque de plagas y enfermedades, sin que estas sean de mayor importancia, por lo que no requiere de aplicaciones permanentes de agroquímicos logrando ser amigable con el ambiente (Duran, 2008).

La producción de higo en México se limita a temporadas específicas de cosecha, centrando la producción en las variedades; Brown Turkey y Black Mission. Por otro lado, existe una gran diversidad de higo por su forma y por el color de su pulpa, que pueden ser aprovechados. Sin embargo, es necesario su evaluación para seleccionar aquellos que presenten un mayor potencial frutícola y se adapten a diferentes sistemas de producción semi - intensivos.

La higuera se ha multiplicado tradicionalmente por medio de estacas y acodos, dando buenos resultados en países que son grandes productores. En la aplicación de esas técnicas se requiere que las plantas se encuentren en etapas vegetativas y solo produce una planta por estaca, en mucho de los casos, no cumple con las exigencias del mercado, limitado así la producción masiva de este cultivo (Rojas *et al.*, 2004).

El entendimiento de la fisiología reproductiva de la planta de higo permite que se le puedan proveer las condiciones y manejo que conduzcan a que la planta pueda expresar deliberadamente su potencial reproductivo. Las higueras bajo condiciones promotoras de la transición floral entran al estado reproductivo, no importando si provienen de estacas de varios años o de ramas terminales vegetativas de un mes de edad (Higos, 2020).

La implementación de sistemas de producción de agricultura protegida y de manera intensiva, es una alternativa que permite aumentar la producción y rendimiento del higo. Por lo que es necesario desarrollar de manera acelerada. La necesidad de producir más como consecuencia de la demanda del mercado hará precisa la aplicación de mejoras (empleadas en otros cultivos) como puede ser el uso de estructuras de protección (macro-túneles, malla sombra), sistemas de fertirrigación, incremento de densidades, labores de poda, mayor control de plagas y enfermedades.

De igual manera los factores climáticos tales como la temperatura, humedad relativa y la radiación solar tienen una influencia definitiva sobre el rendimiento y etapas fenológicas, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación de los frutos (Rajashree *et al.*, 2005). Por todo lo anterior la presente investigación tiene los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar las etapas fenológicas de cinco variedades de higo en condiciones de invernadero.

2.2 Objetivos específicos

Determinar la aparición y duración de las fases fenológicas de cinco variedades de higo, en función de los grados días de desarrollo.

Evaluar la respuesta fenológica del higo al comparar las variables climáticas presentes en el invernadero y los requerimientos del cultivo.

III. HIPÓTESIS

Es posible conocer la aparición y duración de las fases fenológicas del higo, mediante los modelos de acumulación de grados días de desarrollo.

Existe una alta relación entre las variantes climáticas presentes en el invernadero con las fases fenológicas del higo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen de higo

La higuera (*Ficus carica* L.) 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 en las primeras civilizaciones mediterráneas. La higuera está relativamente alejada de la morera y no se han obtenidos híbridos, pero si se han podido injertar

Es un árbol frutal que fue domesticado en la antigüedad, en Asia occidental. Posteriormente, se distribuyó por todo el Mediterráneo, y fueron considerados como los manjares en la época de la Grecia clásica (Fernández, 2016).

4.2 Clasificación taxonómica del higo (*Ficus carica* L.)

A nivel taxonómico, la higuera se encuadra en la siguiente clasificación:

Reino: Plantae (plantas)
 Sub-reino: Tracheobionta (plantas vasculares)
 División: Magnoliophyta (magnoliofitas)
 Clase: Magnoliopsida
 Orden: Urticales
 Familia: Moraceae
 Subfamilia: Ficeae
 Género: Ficus
 Subgénero: Ficus
 Especie: *F. carica* L.
 Fuente: (Perdomo, 2007).

4.3 Descripción morfológica

Árbol o arbusto caducifolio, de 5 a 10 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho hasta 18 cm (Melgarejo, 2000).

El hábito de las especies varía según la variedad, desde abierto y con ramas colgantes, o incluso rastreras, a erecto y compacto. Normalmente se desarrolla como un árbol globoso de hoja caduca, aunque en ciertas regiones de América Central se puede mantener siempre verde. Alcanza hasta 10 metros de altura en zonas de condiciones

favorables, pero puede adquirir un hábito de tipo arbustivo bajo peores condiciones (Melgarejo, 2000).

La higuera es un árbol de porte mediano, de hojas ásperas, que requiere de clima templado, pero no soporta bien las bajas temperaturas, crece en zonas de lluvia y tolera suelos con ciertas salinidades (Melgarejo, 2000).

4.3.1 Raíz

El sistema radical de la higuera es abundante y fibroso con un desarrollo superficial y extendido, a veces llega a abarcar hasta 15 m; del terreno. En suelos permanentes las raíces pueden descender a 6 m, el 80 % se encuentra entre 20 y 45 cm (Melgarejo, 2000).

4.3.2 Tallos y ramas

El tronco es de madera suave de color claro y de poco valor. El peridermis (mal llamada “corteza”) es frágil ante los excesos de sol y se agrieta con facilidad, lo que puede favorecer el ataque de patógenos. Las ramas son de color blanquecino o gris claro. De la base del tronco suelen brotar varios tallos (chupones) que nacen de la inserción del tronco con las raíces y deben eliminarse en invierno para favorecer el desarrollo del árbol (Melgarejo, 2000).

4.3.3 Hojas

Hojas de 3 a 5 lóbulos, generalmente divididas, de 10 a 20 cm de longitud e igual anchura, generalmente acorazonados en la base, nervadura 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; peciolos de 2 a 5 cm de longitud; receptáculo: auxiliar y solitario, piriforme en madurez, de 5 a 8 cm de longitud y de color verdoso o violeta pardusco (Westwood, 1982).

4.3.4 Flor

Si se observa un higo seccionado verticalmente, se ve que no es un simple fruto sino un receptáculo floral, un ramito verde engrosado y hueco, que proviene del ramo correspondiente de la planta y que contiene en su cavidad un gran número de flores. Este ramito, que tiene la forma de maza, llamado por los botánicos sicono, es en realidad una taza o urna, de cuyas paredes internas salen las últimas ramificaciones del ramo con la

forma de pedúnculos florales. La boca de la urna, llamada orificio, es muy pequeña estrechada aun por hojitas escamosas (Tamaros, 1984).

Las flores que llenan casi toda la cavidad interna son muy pequeñas y de tres especies:

- **Flores masculinas:** que se encuentran cerca del orificio, formadas por un pedúnculo que se ensancha en tres hojillas escamosas (el perigonio) y llevan de tres a cinco estambres. Las flores masculinas se encuentran sobre el cabrahígo, muy rara vez sobre la higuera doméstica. Flor con 3 pétalos y 3 estambres.
- **Flores femeninas:** con estilo largo, producen la semilla, que es considerada botánicamente como el verdadero fruto. Las flores femeninas se encuentran tanto sobre el cabrahígo como sobre la higuera. La flor femenina con 5 pétalos y un solo carpelo de color rosado y blanquecino arreglado en el fondo del sicono.
- **Flores híbridas:** con esta denominación se comprenden todas aquellas flores de la higuera doméstica que llegan a maduración, es decir, se hacen carnosas, sin el concurso del polen de las flores masculinas del cabrahígo.

Las inflorescencias, es decir, los higos se forman sucesivamente en diversos periodos del año (Tamaros, 1984).

Fructificación: la higuera produce sus infrutescencias en las axilas de las hojas, dentro de la brotación de desarrollo. La producción de flores es continua, después de los frutos otoñales y con la aparición de los fríos no cesa la aparición de siconos pequeños. Estos no caen, cuando les favorece las condiciones climáticas de la primavera siguiente, continúan su crecimiento hasta la maduración en el verano, proporcionando la primera cosecha anual, denominándose la infrutescencia como breva (Flores,2007).

4.4 Importancia económica

4.4.1 Producción mundial

La producción mundial de higo en 2018 superó el millón de toneladas. Turquía se erigió como el principal productor con 26.7 % de la producción mundial y que en conjunto

con Egipto, Marruecos, Argelia e Irán produjeron el 68.9 % de la fruta de higo en el mundo. Sin embargo, los países con mayores rendimientos están encabezados por Colombia, seguido de Uzbekistán, Israel, Chipre, Macedonia del Norte, Albania, Japón, EE. UU. y Yemen; los cuales superan las 10 toneladas por hectárea (FAOSTAT, 2020).

4.4.2 Producción nacional de higo

México tiene una superficie plantada de unas 840 ha. (FAOSTAT, 2020). Su potencial económico amerita que se impulse como un sistema de producción comercial e intensiva por ello en esta investigación se caracterizan y se evalúan morfológica y químicamente 5 variedades de higo d diferentes variedades bajo invernadero.

En México la producción en los últimos años ha ido en aumento, reflejándose en el incremento de la superficie destinada a su cultivo, en toneladas cosechadas y en los rendimientos por hectárea. En un lapso no mayor a 9 años se pasó de 815 a 1,194 hectáreas, teniendo un incremento del 46.5 %. En 2008 se cosecho 3,186 toneladas y para 2018 ya eran 7,705. En ese mismo periodo de tiempo se observó un incremento sustancial en los rendimientos por Ha., pasando de 3.9 a 6.5 toneladas en promedio, resultado de la experiencia y derivado de la demanda mundial y los precios por este fruto (FAOSTAT, 2020).

4.4.3 Rendimiento

Como en todas las actividades agrarias, las producciones que se obtienen de las higueras dependen de una serie de diferentes factores entre otros las; condiciones climáticas del año y la forma de realizar las operaciones culturales. A los tres y medio y cuatro años de la plantación entran los árboles en producción dando cada uno entre 4 y 8 kg de brevas y entre 8 y 12 kg de higos verdes; generalmente las primeras aprovechadas en su totalidad y los segundos en un 50 %. Entre los 10 y 15 años entra la plantación en plena producción, y se mantendrá durante un largo período, 40 - 50 años (Molina, 2021).

Los árboles adultos dan producciones que oscilan, en años normales, entre 40 y 100 kg de brevas y de 60 a 150 kg de higos verdes. Las higueras que no dan brevas producen mayor cantidad de higos, considerándose producciones normales entre 150 y 200 kg por árbol, no todos ellos aprovechables generalmente para el consumo humano. De producirse

lluvias a mediados de agosto en adelante, se estropean los higos, se abren y se agrian (Molina, 2021).

4.5 Requerimientos edafoclimáticos

4.5.1 Suelos

El árbol de higo está adaptado a una gran variedad de suelos. Puede desarrollarse exitosamente en suelos desde pesados y arenosos, hasta pesados y arcillosos; de igual modo puede crecer en suelos ácidos o básicos. Sin embargo, los índices de productividad son mayores en tierras fértiles y profundas y suelos aluviales bien drenados, con elevado contenido de cal o en suelos calcáreos. Normalmente, la higuera presenta un sistema radical superficial, pero donde el suelo lo permite, puede formar raíces profundas, con lo que mejora la retención y absorción de agua y nutrimentos, lo cual es fundamental durante periodos secos (Fernández, 2016).

No tolera bien ni la humedad excesiva ni los encharcamientos de suelos. Es una especie sensible a las pudriciones de raíz (Fernández, 2016).

4.5.2 Temperatura

Con respecto a los requerimientos de temperatura, la higuera puede comportarse como planta tropical o como planta de zona templada, pero su crecimiento vegetativo se ve favorecido por las altas temperaturas. 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. 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 (Fernández, 2016).

Los cultivos de invernadero se pueden dividir en tres categorías básicas: los cultivos de temporada fría, los de temperatura base inferior a 4 °C (39 °F), los cultivos intermedios, los de temperatura base entre 4 y 7 °C (40 y 45 °F) y los cultivos de temporada cálida, los

de temperatura base de 8 °C (46 °F) o mayor. La temperatura base es la temperatura mínima por debajo de la cual se detiene el crecimiento de la planta (Promix, 2022)

Las podas de brotes basales, apicales y laterales, así como en tallos leñosos al final de la cosecha deben realizarse en higuera bajo las condiciones ambientales favorables para inducir crecimiento y fructificación, procesos fisiológicos que son limitados por temperatura mínima de 8 °C y máxima de 36 °C (Souza *et al.*, 2009).

Ciclo Vegetativo perenne, con un ciclo de producción 120 a 300 días. Los árboles fructifican abundantemente en las laderas de las cordilleras montañosas o en elevaciones de aproximadamente 900 a 1800 m sobre el nivel del mar, en regiones tropicales y subtropicales. Esta especie desarrolla bien en atmósferas relativamente secas (Gutiérrez, 2014).

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. Es conveniente un período relativamente frío (Gutiérrez, 2014).

Le favorecen los ambientes soleados o moderadamente soleados. Prefiere suelos con textura media. Prospera en suelos francos y franco-arcillosos. Se desarrolla adecuadamente en suelos de mediana profundidad, aunque para la obtención de máximos rendimientos se prefieren suelos profundos (Gutiérrez, 2014).

El rango de pH para esta especie es de 5.5 a 7.0. Los mejores suelos son los de origen calcáreo. Se prefieren los suelos ligeramente ácidos o neutros (Gutiérrez, 2014).

4.5.3 Agua

La higuera es un cultivo con exigencias bajas en cuanto al tipo de suelo, lo único que debe evitarse son terrenos con problemas de humedad y/o drenaje (Hidroenv, 2022).

Al igual que el pH y conductividad eléctrica del suelo, con el agua de riego pasa algo parecido, presentando una buena tolerancia a pH alcalinos y CE de hasta 3.7 mS/cm-1 (Hidroenv, 2022).

4.5.4 Nutrición

La higuera puede producir buenas cosechas en suelos de baja fertilización, pero el uso de fertilizantes permite aumentar el vigor y la fructificación. En general, las higueras deben recibir la misma fertilización que otros árboles frutales, con la diferencia de que muy rara vez sufren deficiencias de hierro y zinc, pero si suelen tener deficiencias de nitrógeno (Fernández, 2016). Se recomienda aplicar de 0.45 a 0.65 Kg de nitrógeno por planta al año. Las relaciones de P/N y K/N, deben ser similares (Fernández, 2016).

4.6 Grados días de desarrollo (GDD)

Los GDD explica la fenología de los individuos con base en un factor ambiental como la temperatura, el concepto supone que los GDD proporcionan información para predecir el aumento oportuno para el combate de organismos plaga. Para determinar los GDD de cualquier especie, resulta indispensable determinar la temperatura base, la cual es diferente para cada especie y subespecie, aun entre biotipos y razas (Studylib, 2020).

4.6.1 Cálculo de los grados día de desarrollo (GDD)

El procedimiento consiste en utilizar la ecuación de la recta, $y = a + bx$, en donde la “x” representa la temperatura y la “y” la tasa de desarrollo (expresada como 1/días de desarrollo). La temperatura umbral es el valor de “x” cuando “y” es igual a cero, y se estima de la siguiente manera: temperatura umbral = $-a/b$. Las unidades calor (constante térmica), se obtiene mediante el inverso de la pendiente; es decir, unidades calor = $1/b$ (Wilson y Barnett, 1983).

4.6.1.1 Método del triángulo simple

- Totalmente sobre ambos umbrales: $^{\circ}D = T_u - T_L$
- Totalmente debajo de ambos umbrales: $^{\circ}D = 0$
- Enteramente entre ambos umbrales: $^{\circ}D = \frac{6(T_{max} + T_{min} - 2T_l)}{12}$
- Interceptado por ambos umbrales: $^{\circ}D = \frac{6(T_{max} - 2T_l)^2}{T_{max} - T_{min}} - \frac{6(T_{max} - T_u)^2}{T_{max} - T_{min}} \% 12$
- Interceptado por el umbral más bajo: $^{\circ}D = \frac{6(T_{max} - T_l)^2}{T_{max} - T_{min}} \% 12$
- Interceptado por el umbral superior: $^{\circ}D = \frac{6(T_{max} + T_{min} - 2T_l)}{12} - \frac{6(T_{max} - T_u)^2}{T_{max} - T_{min}} \% 12$

4.6.1.2 Método residual

Existen varios métodos para calcular unidades calor bajo condiciones de campo, entre los que están el método residual (Wilson y Barnett, 1983).

Los grados día de desarrollo (GDD) o unidades calor (UC), se determinaron por el método residual con la siguiente relación: $UC = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b$

Donde UC= unidades calor, T_{máx} y T_{mín}, son la temperatura máxima y mínima diaria, respectivamente, en °C y T_b como la temperatura base del cultivo, considerada como 10 °C para higo.

4.7 Métodos de propagación

4.7.1 Propagación Vegetativa

La multiplicación vegetativa de las plantas se realiza a partir de una porción de ellas y es fundamentalmente utilizada en la conservación o reproducción de plantas o clones de interés. Entre los métodos más utilizados se citan la reproducción por estacas y por acodos aéreos (Flores, 2007).

4.7.2 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 (Flores, 2007).

4.7.3 Propagación por acodo aéreo

Otra de las técnicas de reproducción vegetativa utilizada para la propagación de la higuera es el acodo aéreo. Para efectuar un acodo aéreo, se corta 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. La nueva planta obtenida por este método es genéticamente idéntica que el de la planta donadora (Flores, 2007).

4.7.4 Micropropagación

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 (Flores, 2007). El cultivo de tejidos es una herramienta importante en 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 (Flores, 2007).

4.8 Cultivo de higo bajo cubierta

Se ha demostrado que es factible dirigir estos sistemas productivos a producciones bajo riego, específicamente hidroponía con alta densidad de plantación, permitiendo una cosecha manual rápida, ya que la cosecha del higo resulta tediosa según fases de maduración y sin tener que cosechar en altura en árboles con copas por encima de 1,7 metros del suelo que dificultan enormemente la recolección (Higosand, 2022).

En plantas cultivadas en invernadero las hojas alcanzan tamaños extraordinarios, pudiendo superar los 40 cm de longitud y de anchura (Melgarejo, 2000).

En México el cultivo de higo bajo condiciones de cubierta plástica y con manejo intensivo ha sido estudiado desde el 2008, esto solo a nivel experimental en Texcoco, estado de México. Donde las plantas son cultivadas en macetas, con altas densidades (1.25 plantas m⁻²). En donde, se registraron producción de hasta 109.5 tha⁻¹ y biomasa total de 29.6 tha⁻¹. (Mendoza, 2013).

4.9 Crecimiento

El crecimiento es el desarrollo más la diferenciación. En sentido estricto es el aumento irreversible de tamaño. Cualquier factor que altere el volumen de la planta de forma reversible no se considera crecimiento. Se cuantifica con el incremento de los componentes citoplasmáticos como proteínas (peso seco), número de células, crecimiento en longitud y en términos generales, de cualquier dimensión siempre que probemos que no sea reversible. Un mayor crecimiento implica una mayor división celular. Las células meristemáticas concretamente soportan el crecimiento, de manera que siempre que se mantenga el carácter meristemático las células entrarían en ciclo de multiplicación. Pero en sistemas biológicos no se mantendrá este estatus, sino que unas células entrarán en procesos

de elongación, otras en diferenciación y en senescencia, apoptosis... de modo que el crecimiento, además de aumentar el tamaño implica también la diferenciación y el desarrollo (Eduardo, 2022).

4.10 Desarrollo

El desarrollo será el conjunto de procesos que determinan el cambio de formas y aptitudes en un ser vivo. La diferenciación es el compromiso que adquiere la célula a realizar una función. Tendrá como resultado una determinada morfogénesis (origen de una morfología determinada) (Eduardo, 2022).

4.11 Fases del desarrollo

Comprender las fases de crecimiento que atraviesan los cultivos es esencial para su planificación. Una pequeña plántula que recién ha germinado tiene necesidades muy diferentes a las de una planta grande que ya está casi lista para ser llevada al campo. El desarrollo de casi todos los cultivos puede ser dividido en tres fases: establecimiento, crecimiento rápido y endurecimiento. En cada una de estas fases, las plantas tienen requerimientos diferentes de luz, agua, espacio en el vivero, tipo de atención y trabajos necesarios para mantenerlas vigorosas. Los objetivos del viverista también son distintos para cada fase, atendiendo a la meta final de producir las “plantas objetivo” (Eduardo, 2022).

- **Establecimiento:** Comprende la germinación y emergencia hasta la formación de hojas verdaderas. En el caso de estacas hasta la formación de brotes y raíces
- **Rápido crecimiento:** Desde la emergencia de hojas verdaderas hasta el momento en que el plantín se acerca a la altura objetivo. Rápido aumento en tamaño, particularmente en el brote terminal.
- **Endurecimiento:** La energía es redirigida del tallo al crecimiento de la raíz; el plantín alcanza la altura y el diámetro del cuello objetivos; se establecen las yemas laterales. El plantín es acondicionado para soportar estrés.

4.12 Fenología del higo

La fenología es la rama de la agrometeorología que trata del estudio de los eventos periódicos naturales sobre los seres vivos, proviene del griego phaino que significa manifestar, y logos tratado. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones de los

fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y las condiciones de tiempo y clima reinantes en su hábitat (Izarra y López, 2014).

Durante el ciclo ontogénico las plantas experimentan cambios visibles o no, los cuales están en estrecha relación con el genotipo, clima (temperatura, luz, fotoperiodo), disponibilidad de agua y condiciones biológicas (virus, patógenos). Lo que ocasiona amplias respuestas de los cultivos e inclusive variedades (Gastiazoro, 2000; Mundarain *et al.*, 2005).

Una fase fenológica es el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. 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. 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 las plantas (Izarra y López, 2014).

Etapas fenológicas. 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).

4.12.1 Fases fenológicas de la higuera

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

4.13 Fisiología de la higuera

En el área mediterránea este frutal presenta un crecimiento del ramo casi continuo desde la primavera hasta la caída de la hoja, ya que es una especie monopodial. Durante su crecimiento tiene lugar la formación simultánea de siconos, que se encuentran junto a las yemas de las axilas en las hojas (Melgarejo, 2000).

En la primavera, durante el primer ritmo de crecimiento tiene lugar la formación de los siconos que dará lugar a la cosecha de higos (se recolectaran desde julio hasta septiembre) y a continuación durante el segundo ritmo de crecimiento, si la higuera es bífera, seguirá formando nuevas yemas y siconos en las axilas de las hojas hasta la caída de estas; estos últimos pasaran el invierno en el árbol en un estado de desarrollo más o menos avanzado, dependiendo de la época en que se formó, y hacia primeros de junio tendrán lugar la maduración de la cosecha de brevas. Las higueras que no presentan cosecha de brevas y solo producen higos se llaman uniferas (Melgarejo, 2000).

4.13.1 Reposo y necesidades de frio invernal

En cuanto a reposo y necesidades de frio invernal, la higuera se desarrolla de manera natural en áreas donde no hiela. No obstante, en el caso de heladas, aunque se puede producir la muerte del árbol, su sistema radicular puede sobrevivir a la helada y permitir la recuperación del árbol en muy pocos años debido a su gran vigor. Al ser un árbol de hoja caduca puede soportar, en invierno, temperaturas de hasta -34 °C, sin sufrir daños severos, como se ha podido observar en la región esteparia del norte de Ucrania (Melgarejo, 2000).

Las necesidades de frío invernal de las variedades en México deben ser mínimas ya que no se han correlacionado pérdidas de cosecha con la falta de frío invernal (zona con mínima acumulación de frío invernal), como ocurre con otros frutales. Según Melgarejo (2000), se observa una relación entre el reposo invernal y la temperatura durante este periodo, a temperatura inferior, menor es la duración del reposo, siendo la temperatura óptima para la salida del reposo la de 16°C.

4.14 Variedades de interés comercial

Las higueras comúnmente cultivadas se clasifican en dos grupos, según la clase de frutos que formen al año. Las higueras bíferas o refloricientes, llamadas brevas, breveras o bacoreras, que dan frutos en junio y julio (brevas) y en agosto a octubre (higos). Higueras comunes, sólo dan una cosecha (higos) en agosto y septiembre. Siendo las higueras breveras, las más apreciadas y las únicas cuyo cultivo se va extendiendo. En estos árboles, algunos higos cada año no llegan a madurar en otoño y se conservan durante el invierno para hacerlo en el verano siguiente. Las brevas tienen un alto valor comercial por su tamaño, superior al de los higos, su aspecto atractivo y por las fechas en que maduran, con fácil comercialización en fresco. Estos frutos se forman sobre madera vieja, del año anterior, en donde pasan el invierno como pequeños botones, situándose dos, tres o cuatro por ramo, pudiendo llegar hasta siete (Nikovski, 1994).

Estas higueras dan una segunda cosecha, la de higos, a partir de agosto. Estos frutos se forman sobre la brotación del mismo año. Los higos son del mismo color que las brevas, pero de tamaño más pequeño. De sabor más dulce, pero con menor aroma. En el comercio en fresco tiene menor valor que las brevas (Infoagro, 2020).

A pesar de existir muchas variedades de higo, las que gozan mayor popularidad en México por sus características son “Black Mission”, “Brown Turkey”, “Calimyrna”, “Kadota”, “Tiger” y “Sierra”. Estas cuatro últimas también son conocidas como higos blancos debido a su coloración amarillenta o verdosa en su maduración (CIMMYT, 2017).

La infrutescencia del higo “Black Mission” tiene una cáscara dura que torna del verde a un morado oscuro a menudo se agrieta cerca del extremo del tallo al madurar y expone la pulpa que se encuentra debajo. El interior blanco cremoso suave contiene una masa de semillas unidas con pulpa gelatinosa. Las semillas comestibles son numerosas y

generalmente huecas, a menos que sean polinizadas. Las semillas polinizadas proporcionan el característico sabor a nuez de los higos secos (Higos, 2020).

Los higos negros están disponibles desde principios de primavera hasta principios de invierno. A partir del invierno, las temperaturas nocturnas descienden provocando un cambio en la textura de la fruta y el higo ya no se encuentra en su mejor momento para uso culinario. El interior del higo se vuelve leñoso y seco, y las semillas comienzan a separarse de la pulpa (Higos, 2020).

Los higos de la variedad Brown Turkey son los más cultivados en el mundo, por una buena razón. Tienen una piel rojiza-púrpura negra con un verde pálido en el extremo del tallo. La suave y dulce carne es del color del vino rosado, con semillas comestibles de color ámbar claro en su interior. El sabor general de un Brown Turkey maduro es suave, con notas de avellanas y pastelería francesa. Comparado con el sabor masticable y rico de un higo de la variedad Black Mission, es un sabor más flotante, exquisito, suave y suntuoso (Higos, 2020).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en el 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° 52'31" LN y 97° 22' 02" LO), a una altura sobre el nivel del mar de 1617 metros (INEGI, 2022).



Figura 1. Localización del experimento.

5.2 Material vegetal

Se establecieron plantas provenientes de estacas de cinco variedades de higuera: ‘Black Mission’, ‘Brown Turkey’, Netzahualcoyotl’, ‘White Kadota’ y ‘cuello de princesa’, con potencial comercial. Las plantas fueron establecidas en agosto de 2020 y crecen bajo condiciones de invernadero en macetas de plástico negras de 50 L de capacidad, en un arreglo de plantación intensivo con un distanciamiento entre plantas de 0.60 m y de 1.60 m entre hileras. Cuentan con un sistema de riego por goteo.

Para la nutrición de las plantas se utilizó una formulación en mgL^{-1} de 940 de nitrato de calcio, 200 de nitrato de potasio, 340 de sulfato de potasio, 55 de fosfato monoamoniaco, 490 de sulfato de magnesio, 15 de sulfato ferroso, 4 de sulfato de manganeso, 4.5 de borax, 0.4 de sulfato de cobre, 0.4 de sulfato de zinc, ajustando el pH a 5.6. además de dos aplicaciones de 1kg de lombricomposta en el ciclo. Durante el periodo de maduración se realizó tres aplicaciones foliares de nitrato de calcio a dosis de 3 g por litro de agua.

5.3 Establecimiento y conducción del experimento

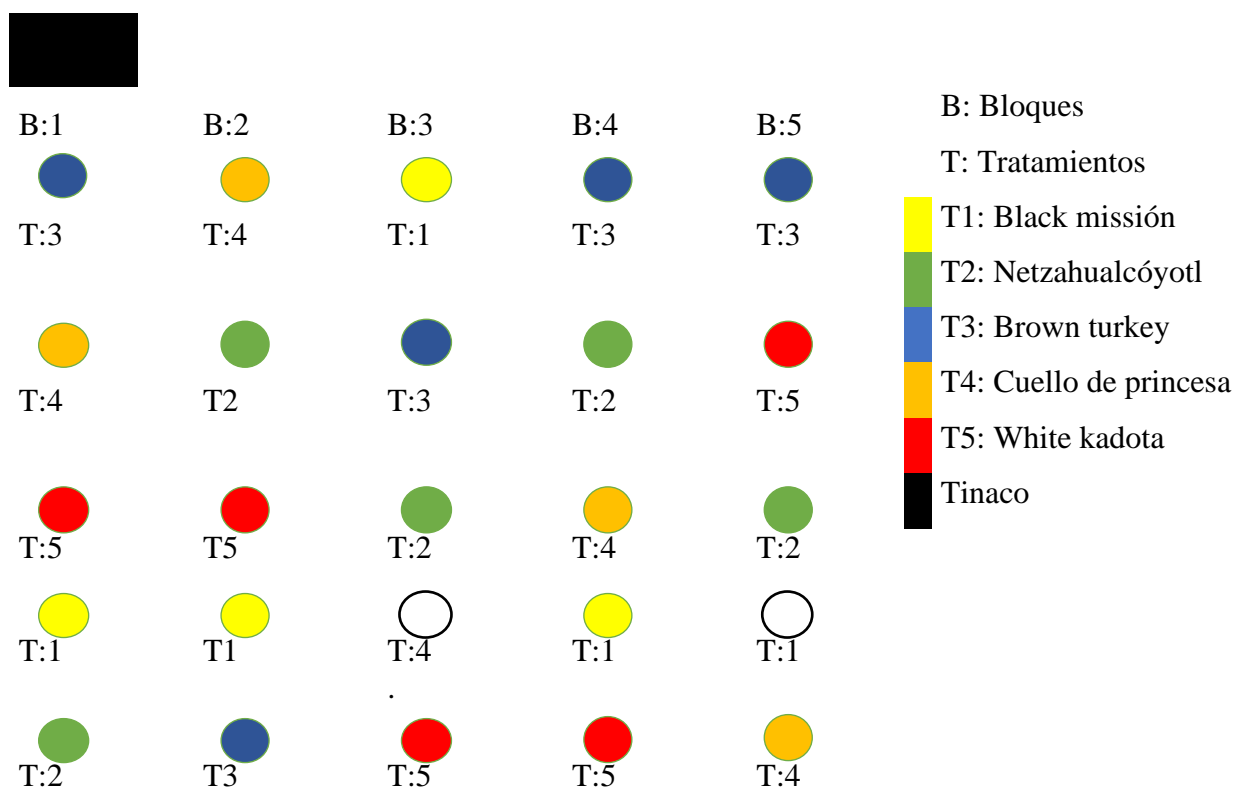
La conducción del experimento se realizó durante dos ciclos productivos el primero comprendido entre los meses de Abril – Septiembre de 2021 y el segundo durante Septiembre de 2021 – Abril de 2022. En los meses de abril y septiembre de 2021 se realizó la poda correspondiente a cada ciclo, después de la brotación se seleccionaron seis tallos productivos y se realizó la eliminación de brotes basales o laterales durante el desarrollo del experimento.

5.4 Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques al azar con cinco repeticiones considerado un árbol como unidad experimental.

Para la evaluación del desarrollo fenológico de las variedades de higo bajo condiciones de invernadero se tomaron en cuenta la siguiente distribución de tratamientos.

Croquis de localización



5.5 Variables climáticas

Para la medición de las variables climáticas se utilizó un DataLogger (Hobo), con el cual se llevó un registro diario de: temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa máxima y mínima e intensidad luminosa.

5.6 Variables Evaluadas

- **Brotación inicial.** Se contó el número de brotes emitidos por la planta después de cada poda. En el primer ciclo, la planta se podó el día 15 de abril. Se monitoreó de forma visual, el inicio de la brotación. En el segundo ciclo, la poda se realizó el día 14 de octubre, continuando con el mismo procedimiento de observación.
- **Días de brotación.** Después de realizar la poda se determinó el número de días transcurridos hasta la aparición del primer brote por cada planta. Este procedimiento se realizó para ambos ciclos de cultivo.
- **Aparición de la tercera hoja desarrollada.** Se registró por cada planta el número de días transcurridos desde la fecha de brotación hasta la aparición de la tercera hoja completamente desarrollada (lámina foliar completamente extendida). Este procedimiento se realizó para cada fecha de poda.
- **Aparición de la quinta hoja desarrollada.** Se registró por cada planta el número de días transcurridos desde la fecha de aparición de la tercera hoja hasta la aparición de la quinta hoja completamente desarrollada (lámina foliar completamente extendida). Este procedimiento se realizó para cada fecha de poda.
- **Días totales a la tercera hoja desarrollada.** Se registró por cada planta el número de días transcurridos desde la fecha de poda hasta la aparición de la tercera hoja completamente desarrollada (lámina foliar completamente extendida). Este procedimiento se realizó para cada fecha de poda.
- **Días totales a la quinta hoja desarrollada.** Se registró por cada planta el número de días transcurridos desde la fecha de poda hasta la aparición de la quinta hoja completamente desarrollada (lámina foliar completamente extendida). Este procedimiento se realizó para cada fecha de poda.
- **Longitud y diámetro de brotes.** Se llevaron a cabo mediciones periódicas de los tallos productivos cada 15 días con una cinta métrica y vernier digital. Para la

longitud se tomó a partir de la base del brote hasta el ápice de crecimiento, de igual manera el diámetro del tallo se tomó por debajo del primer entrenudo visible.

- **Número de hojas por tallos:** Se contabilizó los números de hojas emitidos por tallo productivo con una frecuencia de 15 días.
- **Aparición del primer sicono por tallo productivo.** Se observó la aparición del primer sicono para cada tallo productivo, registrando la fecha de aparición y número de días transcurridos después de cada fecha de poda.
- **Maduración del primer sicono.** Se registró el número de días transcurridos de la fecha de poda hasta la maduración de los siconos. Para madurar satisfactoriamente la fruta, necesita temperaturas altas, preferentemente superiores a 30 °C (Lavin y Reyes, 2004). Debido a este alto requerimiento de temperatura para la maduración, es común observar durante el otoño (zonas templadas) una gran cantidad de frutos que no son capaces de alcanzar la madurez.
- **Diámetro polar y ecuatorial del fruto.** Se seleccionaron seis frutos por árbol, y se midieron ambos diámetros con ayuda de un vernier digital.
- **Peso fresco y seco de frutos.** Se seleccionaron 6 frutos de cada uno y con ayuda de una balanza analítica se registraron su peso fresco, para después ser llevado a una estufa de secado por 72 hrs, para proceder a medir el peso seco de cada uno.
- **Grados día de desarrollo (GDD).** En cada una de las etapas fenológicas descritas, desde la poda a la brotación, tercer hojas, quintas hojas, hasta la aparición desde el primer fruto a la madurez, se estimaron los GDD de las etapas fenológicas a partir de días a brotación a días tercer hojas, días a quinta hoja, hasta días a primer fruto de cada una, utilizando el método residual y una temperatura base de 13 °C (Wilson y Barnett, 1983).

5.7 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos fueron analizados estadísticamente y consistieron en análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el programa Statistical Analysis System, versión 9.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Fenología del higo

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza de los resultados de dos ciclos de la respuesta de cinco variedades de higo y la duración en días de diferentes etapas fenológicas (brotación, aparición de la tercera hoja, aparición de la quinta hoja y aparición del sicono). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos (variedades) para las variables días a brotación, días totales a quinta hoja. Mientras que para los días transcurridos entre cada una de las fases fenológicas no se encontraron diferencias significativas. Para el segundo ciclo no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos (variedades).

La variable GDD (grados día desarrollo) para cinco variedades de higo y cuatro etapas fenológicas primero y segundo ciclo. De acuerdo con el análisis los tratamientos (variedades) mostraron diferencias significativas para las fases fenológicas: días a brotación, días a quinta hoja y días a fructificación. Tomando como referencia los días transcurridos después de la poda para cada una de ellas. Resultados que el segundo ciclo mostraron diferencias significativas para la fase fenológica días totales fructificación. Tomando como referencia los días transcurridos después de la poda para cada una de ellas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable respuesta grados días de desarrollo en diferentes etapas fenológicas de cinco variedades de higo.

F.V.	Tratamiento	Bloque	Error
G.L.			
DAB	19.84*	28.64	5.44
DA3	8.08ns	10.27	31.16
DA5	11.97ns	4.31	5.51
DAF	405.3ns	122.49	175.50
DT3	47.53ns	22.57	20.36
DT5	120.2*	71.18	25.95
DTF	540.48ns	393.46	221.74
GDDAB	6660.5*	9185.9	1787.09

GDDA3	3008.0ns	4920.6	2274.49
GDDA5	2708.9ns	1728.9	2184.53
GDDAF	98712.8ns	64213.8	71419.98
GDDT3	15825.8ns	7927.2	6335.21
GDDT5	32045.6*	21083.2	8515.17
GDDTF	220613.8*	112838.9	77445.55

Segundo ciclo

DAB	10.16ns	28.96	12.72
DA3	11.85ns	58.52	17.65
DA5	6.96ns	41.88	13.14
DAF	773.9ns	389.44	368.86
DT3	27.82ns	46.81	17.47
DT5	230.51ns	62.43	77.76
DTF	610.19ns	470.44	376.78
GDDAB	3036.9ns	8800.1	3904.45
GDDA3	2147.3ns	4509.6	5305.71
GDDA5	1929.2ns	9702.5	3041.03
GDDAF	84772.3ns	14475.0	27555.61
GDDT3	3992.2ns	13893.0	9019.33
GDDT5	1942.1ns	1262.2	920.70
GDDTF	100035.5*	20612.4	28205.12

F.V: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; DAB: días a brotación; DA3: días a tercer; DA5: días a quinta hoja; DAF: días a fruto; DT3: días totales tercer hoja; DT5: días totales quinta hoja; DTF: días totales fruto; GDDAB: grados días de desarrollo a brotación; GDDA3: grados días de desarrollo a tercer; GDDA5: grados días de desarrollo a quinta hoja; GDDAF: grados días de desarrollo a fruto; GDDT3: grados días de desarrollo totales tercera hoja; GDDT5: grados días de desarrollo totales quinta hoja; GDDTF: grados días de desarrollo totales fruto. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, *significativo con $\alpha \leq 0.05$ y ns= no significativo.

En general se observa en el cuadro 2 que la variedad 'Black misión' tuvo un desarrollo más lento, al presentar la mayor duración para las etapas fenológicas evaluadas, mostrando diferencias significativas con respecto a las otras variedades solo para las variables: días a brotación y días totales a quinta hoja. Para la variable días a brotación la variedad 'Netzahualcóyotl' fue la que presentó una brotación más temprana al tardar solo 5 días en alcanzar esta etapa, siendo estadísticamente significativo en comparación con la variedad 'Black Mission' que el tiempo transcurrido en esta etapa fue de 11 días. En comparación para la etapa de tercer hoja y quinta hoja, donde no se encontraron diferencias significativas siendo la variedad 'Black Mission' la que presentó una mayor duración en estas etapas (16.13 y 10.25 días, respectivamente). Para la duración entre la aparición de la quinta hoja y la aparición fruto no se encontraron diferencias significativas entre las variedades, sin embargo, fue la variedad 'Netzahualcóyotl' la que tuvo una menor duración con 51.03 días, por el contrario, la variedad 'Cuello de princesa' fue la última en llegar a esta etapa. De manera general el ciclo anual de los frutales se divide en etapa vegetativa y reproductiva, donde la primera se desarrolla el crecimiento de brotes y hojas indispensables para sostener el subsecuente crecimiento de las estructuras reproductivas, la duración de estas etapas está influenciado por diferentes factores como el genotipo, la temperatura y disponibilidad de agua (Mundarian *et al.*, 2005), de igual manera, como lo reportan Hernández *et al.*, (2010) que las fases fenológicas de diferentes variedades de *Phaseolus vulgaris* L. presentaron una duración diferencial, y que al conocer la duración de cada una de las fases permite determinar estrategias de manejo, y tener disponibilidad de producción por un mayor periodo de tiempo.

De acuerdo con la variable DT3 (los días transcurridos desde la poda hasta presentar la tercera hoja) no se encontraron diferencias significativas, siendo 'Netzahualcóyotl' la que menos días necesitó para alcanzar esta etapa fenológica. Para las etapas comprendidas entre la poda y la aparición de la quinta hoja (DT5) y aparición de los siconos (DTF) nuevamente fue la variedad 'Netzahualcóyotl' la que alcanzó estas etapas en el menor número de días (23.81 y 83.51 días respectivamente). Por otro lado, fue 'Black mission' la que presentó una mayor duración de estas etapas 37.17 días, y 109 días respectivamente. Con respecto a las variedades 'Brown turkey', 'Cuello de princesa' y 'White kadota' tuvieron un comportamiento muy similar al no encontrar diferencias significativas en las variables

evaluadas. Siendo la variedad ‘Cuello de princesa’ la que presento un desarrollo más lento al tener los valores más altos en la duración de las etapas, alcanzando la etapa reproductiva en un promedio de 101 días, después de realizada la poda. La diferencia en la duración de las etapas fenológicas para cada variedad, es una manera indirecta de medir la adaptación a las condiciones de cultivo en la que se establece la planta, tal como lo describen Hernández *et al.* (2010) que, al evaluar diferentes variedades de frijol en Cuba, fueron las variedades que procedían de este país las que tuvieron un mayor crecimiento.

Las higueras producen dos cosechas cada año su ciclo inicia con la poda que generalmente comienza de principios de primavera a comienzos del verano y otra en el otoño. El mejor momento para podarlas es después de cosechar los higos, a finales de verano hasta otoño (Dunn, 2021). Después de la emergencia, los brotes se desarrollan rápidamente hasta llegar a la antesis, a partir de esta fase transcurre de forma aproximada el amarre del sicono y comienza el desarrollo. Lo cual es resultado de que cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos; algunas son susceptibles a altas temperaturas, otras suspenden sus funciones al estar en condiciones de bajas temperaturas aunado a la etapa fenológica en la que se encuentren (Taiz y Zeiger, 2010).

Cuadro 2. Duración promedio de las etapas fenológicas de cinco variedades de higo

VARIEDAD	DAB	DA3	DA5	DAF	DT3	DT5	DTF
Black M	11.0 a [†]	16.13 a	10.25 a	67.75 a	27.21 a	37.17 a	109.00 a
Netza	5.8 b	14.43 a	6.04 a	51.03 a	18.99 a	23.81 b	83.51 a
Brown T	8.2 ab	13.23 a	7.97 a	58.13 a	20.93 a	29.40 ab	87.17 a
Cuello de P	8.2 ab	16.20 a	8.43 a	74.13 a	21.25 a	29.83 ab	101.07 a
W. kadota	6.6 ab	15.63 a	7.30 a	66.47 a	22.50 a	27.27 b	97.97 a
DMS	4.51	10.81	84.54	25.66	8.74	9.87	28.85
C.V.	29.3	36.91	29.35	20.86	20.35	17.27	15.55

DMS: diferencia mínima significativa honesta; C.V: coeficiente de variación; DAB: días a brotación; DA3: días a tercer; DA5: días a quinta hoja; DAF: días a fruto; DT3: días totales tercer hoja; DT5: días totales quinta hoja; DTF: días totales fruto. [†]Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Los resultados que se presentan en el cuadro 3 corresponden a la acumulación promedio de GDD en cuatro fases fenológicas de 5 variedades de higo, donde se puede observar que la variedad 'Black mission' tuvo un comportamiento estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) al resto de las variedades, ya que fue la variedad que requirió una mayor acumulación de GDD para su crecimiento, mostrando los valores más altos en la etapa días a brotación con 204.64, de igual manera para la etapa días a quinta hoja donde acumulo 646.3 GDD comportamiento que siguió en la etapa de aparición de la infrutescencia con 1820 GDD. Por el contrario, la variedad 'Netzahualcóyotl' fue la que presento los menores valores en la acumulación de GDD para las mismas etapas, con una acumulación de 109.6 GDD en la etapa de brotación, 437.9 GDD para la etapa de quinta hoja y 1251.1 GDD para alcanzar la etapa reproductiva. Las variedades 'Brown Turkey', 'Cuello de princesa' y 'White Kadota' tuvieron un comportamiento estadísticamente similar entre ellas, con valores muy cercanos a la variedad con mejor comportamiento que fue 'Netzahualcóyotl'.

De acuerdo con la variable GDDT3 (Grados días de desarrollo a tercer hoja transcurridos desde la poda hasta presentar la tercera hoja) no se encontraron diferencias significativas, siendo 'Netzahualcóyotl' la que menos GDD necesito para alcanzar esta etapa fenológica. Para las etapas comprendidas entre la poda y los (grados días de desarrollo a quinta hoja) GDDT5 y (grados días de desarrollo a aparición de los siconos) DTF fue la variedad 'Netzahualcóyotl' la que alcanzo estas etapas en la menor acumulación GDD (315.58 y 437.98 días respectivamente). Por otro lado, fue 'Black mission' la que presento una mayor acumulación de GDD con 467.93, 646.34 y 1820 días respectivamente. Garruña-Hernández *et al.* (2012) encontraron que el incremento de la temperatura del aire puede tener diversos efectos en las plantas, incluidos las alteraciones en las etapas fenológicas, particularmente en la fenología reproductiva. Por ejemplo, temperaturas más altas pueden causar una floración más temprana y tardía, y obstaculizar la fertilización, lo que puede inhibir el cuajado de frutó.

Whereler *et al.* (2000) reportan, que la temperatura es uno de los principales factores ambientales que influye en el crecimiento y en el desarrollo de los cultivos, la velocidad de muchos procesos de crecimiento de las plantas está controladas por la temperatura del aire, lo cual resulta en una reducción significativa en el rendimiento.

La combinación entre los grados de temperatura y el tiempo cronológico se conoce como tiempo fisiológico. Además, el conocimiento del acumulado de unidades térmicas que necesita un determinado cultivo para alcanzar un determinado estadio de desarrollo es importante para predecir entre otros elementos, la fecha de recolección; además este valor se mantiene constante para cada una de las fases, siempre y cuando no se presenten condiciones limitantes (Hernández *et al.*, 2010). Resultados que concuerdan con los encontrados en este trabajo, donde cada variedad de higo tiene una duración diferente para las fases evaluadas.

Cuadro 3. Acumulación de promedio de GDD en cuatro fases fenológicas de 5

variedades de higo.

Tratamiento	GDDAB	GDDA3	GDDA5	GDDAF	GDDT3	GDDT5	GDDTF
Black M	204.6a [†]	284.2a	195.5a	1219.8a	467.9a	646.3a	1820.1a
Netza	109.6b	254.4a	135.3a	862.7a	315.5a	437.9b	1251.1b
Brown T	152.5ab	224.3a	160.7a	1015.2a	359.1a	504.0ab	1493.8ab
Cuello de P	153.8ab	262.3a	164.7a	1107.9a	362.2a	510.2ab	1640.9ab
W. Kadota	123.5ab	229.8a	143.3a	1166.0a	387.9a	466.7b	1491.5ab
DMS	81.91	92.40	90.56	517.82	154.22	178.08	539.23
C.V.	28.40	18.99	29.22	24.87	21.01	17.98	18.07

GDDAB: grados días de desarrollo a brotación; GDDA3: grados días de desarrollo a tercer; GDDA5: grados días de desarrollo a quinta hoja; GDDAF: grados días de desarrollo a fruto; GDDT3: grados días de desarrollo totales tercera hoja; GDDT5: grados días de desarrollo totales quinta hoja; GDDTF: grados días de desarrollo totales fruto; DMS: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.= Coeficiente de variación. † Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

En general se observa en el cuadro 4 que la variedad ‘cuello de princesa’ tuvo un desarrollo más lento, al presentar la mayor duración ($P \leq 0.05$) para las etapas fenológicas evaluadas, no mostrando diferencias significativas con respecto a las otras variedades. Para la variable días a brotación la variedad ‘Netzahualcóyotl’ fue la que presentó una brotación más temprana al tardar solo 4.6 días en alcanzar esta etapa, sin ser estadísticamente

significativo en comparación con la variedad ‘cuello de princesa’ que el tiempo transcurrido en esta etapa fue de 8.4 días.

En comparación para la etapa de tercer hoja ‘cuello de princesa’ presento mayor duración con 15.33 días y en la etapa quinta hoja mostro una menor duración de 8.66 días, donde no se encontraron diferencias significativas, la variedad ‘Netzahualcóyotl’ fue la que presento una menor duración con 11.86 días y en la etapa quinta hoja mostro una mayor duración con 11.53 días en comparación con la variedad ‘Cuello de princesa’. En cambio, Black misión presento en la etapa tuvo menor duración con 9.08 días. Para la duración entre la aparición de la quinta hoja y la aparición fruto no se encontraron diferencias significativas entre las variedades, sin embargo, fue la variedad ‘cuello de princesa’ la que tuvo una menor duración con (8.66 días, 73.67 días respectivamente) por el contrario, la variedad ‘Cuello de princesa’ fue la última en llegar a esta etapa en la aparición de quinta hoja. Al igual que las fechas de siembra, en frutales la época de poda es una herramienta que permite la coincidencia de las etapas más críticas que definen el rendimiento con la mayor oferta de los recursos medioambientales de la región. Lo que modifica el desarrollo, es decir, la duración de las etapas fenológicas y duración del ciclo del cultivo (Hernández *et al.*, 2010).

De acuerdo con las variables DT3 (los días transcurridos desde la poda hasta presentar la tercera hoja), DT5 (los días transcurridos desde la poda hasta presentar quinta hoja), no se encontraron diferencias significativas, siendo ‘Netzahualcóyotl’ la que menos días necesito para alcanzar esta etapa fenológica. para la etapa comprendida entre la poda y la aparición de los siconos (DTF) fue la variedad ‘Black misión’ la que alcanzo estas etapas en el menor número de días (106.9 días respectivamente). Por otro lado, fue ‘White kadota’ la que presento una mayor duración de esta etapa 134. 15 días respectivamente. Con respecto a las variedades ‘Brown turkey’, ‘Cuello de princesa’ y ‘White kadota’ tuvieron un comportamiento muy similar al no encontrar diferencias significativas en las variables evaluadas. Siendo la variedad ‘White kadota’ la que presento un desarrollo más lento al tener los valores más altos en la duración de las etapas, alcanzando la etapa reproductiva en un promedio de 134.15 días, después de realizada la poda.

Cuadro 4. Duración promedio de las etapas fenológicas de cinco variedades de higo, segundó ciclo.

Tratamiento	DAB	DA3	DA5	DAF	DT3	DT5	DTF
Black M	6.5a [†]	14.41a	9.08a	75.3a	21.25a	29.5a	106.9a
Netza	4.6a	11.86a	11.53a	89.53a	16.5a	28.1a	117.07a
Brown T	7.6a	11.96a	9.00a	88.42a	19.63a	28.6a	116.82a
Cuello de P	8.4a	15.33a	8.66a	73.67a	22.8a	44.08a	107.33a
W. Kadota	6.8a	14.02a	8.92a	105.29a	20.82a	29.67a	134.15a
DMS	6.91	8.14	7.02	37.21	8.09	17.08	37.61
C.V.	52.6	31.07	38.4	22.26	20.69	27.56	16.66

DAB: días a brotación; DA3: días a tercer; DA5: días a quinta hoja; DAF: días a fruto; DT3: días totales tercer hoja; DT5: días totales quinta hoja; DTF: días totales fruto; DMS: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.= Coeficiente de variación. † Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Los resultados que se presentan en el cuadro 5 corresponden a la acumulación promedio de GDD en cuatro fases fenológicas de 5 variedades de higo del segundo ciclo, donde se puede observar que la variedad ‘Cuello de princesa’ tuvo un comportamiento diferente al resto de las variedades, ya que fue la variedad que requirió una mayor acumulación de GDD para su crecimiento, mostrando los valores más altos en la etapa días a brotación con 148.11, de igual manera para la etapa días tercer hoja la variedad ‘Black misión’ tuvo un comportamiento distinto, ya que fue la variedad que requirió mayor acumulación de GDD su comportamiento para su crecimiento y desciende en la variable días a quinta hoja donde acumulo 136.51 días. En la etapa días quinta hoja la variedad ‘Netzahualcóyotl’ fue la que presento mayor acumulación con 179.67 GDD, comportamiento que se mantuvo de aparición de la infrutescencia con 911.6 GDD. En la variedad ‘White kadota’ tuvo un comportamiento estadísticamente diferente al resto de las demás variables, ya que fue la variedad que requirió una mayor acumulación de GDD, para su aparición de la infrutescencia con 1222.0 GDD. Por el contrario las variedades que presentaron menores valores fueron ‘Netzahualcóyotl’ en la acumulación de GDD, con una acumulación de 82.76 GDD en la etapa de brotación, la variedad ‘Brown turkey’ 203.37

GDD para la etapa quinta hoja ‘cuello de princesa’ 130.43 GDD y la etapa reproductiva ‘Black mission’.

De acuerdo con la variable GDDT3 (Grados días de desarrollo a tercera hoja transcurridos desde la poda hasta presentar la tercera hoja) no se encontraron diferencias significativas, siendo ‘cuello de princesa’ la que menos GDD necesito para alcanzar esta etapa fenológica. Para las etapas comprendidas entre la poda y los (grados días de desarrollo a quita hoja) GDDT5 y (grados días de desarrollo a aparición de los siconos) DTF fue la variedad ‘Netzahualcóyotl’ la que alcanzo estas etapas en la menor acumulación GDD (445.02 y 1336.5 días respectivamente). Por otro lado, fue ‘White kadota’ la que presento una mayor acumulación de GDDF con 1676.1 días respectivamente.

La fenología de un cultivo esta influenciado por la temperatura, por lo que una forma de relacionarse son los GDD, los cuales permiten pronosticar cuando ocurrirán los principales eventos fenológicos (Diaz- López *et al.*, 2013), GDD es una forma de asignar un valor de calor a cada día transcurrido para dar una estimación de la cantidad de crecimiento que ha alcanzado la planta (Miller *et al.*, 2001).

Estudios se han enfocado en investigar como la temperatura del aire, incluso la concentración de CO₂ atmosférico, afectan en el crecimiento de las plantas; el cultivo de higo no muestra una sensibilidad tan alta a los cambios de temperatura mientras sean superiores a su temperatura base de 10 °C para su optimo crecimiento, la que favorece a las variables fenológicas (Erickson y Markha, 2022; Garruña-Hernandez *et al.*, 2012), fisiológicas (Kim *et al.*, 2013), morfológicas (De Swark *et al.*, 2010), y en los parámetros e índices fisiológicos de crecimiento (De Swark *et al.*, 2010).

Cuadro 5. Acumulación de promedio de GDD en cuadro fases fenológicas de 5

variedades de higo, segundo ciclo.

Tratamiento	GDDAB	GDDA3	GDDA5	GDDAF	GDDT3	GDDT5	GDDTF
Black M	115.45a [†]	244.3 a	139.51 a	908.6 a	342.58 a	470.7 a	1392.6ab
Netza	82.76 ^a	208.17 a	179.67 a	911.6 a	276.88 a	445.02 a	1336.5b
Brown T	135.25 ^a	203.37 a	139.78 a	1002.3 a	324.71 a	451.51 a	1447.9ab
Cuello de P	148.11a	200.06 a	130.43 a	1070.6 a	305.93 a	495.56 a	1592.9ab
W. Kadota	120.59a	237.91 a	136.54 a	1222.0 a	344.7 a	468.83 a	1676.1a
DMS	121.07	141.14	106.85	321.65	184.02	58.79	325.41
C.V.	51.8852	33.2969	37.9824	16.2266	29.7749	6.50688	11.2773

GDDAB: grados días de desarrollo a brotación; GDDA3: grados días de desarrollo a tercer; GDDA5: grados días de desarrollo a quinta hoja; GDDAF: grados días de desarrollo a fruto; GDDT3: grados días de desarrollo totales tercera hoja; GDDT5: grados días de desarrollo totales quinta hoja; GDDTF: grados días de desarrollo totales fruto; DMS: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.= Coeficiente de variación. †Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

En las etapas iniciales de crecimiento, las altas temperaturas generalmente acortan el tiempo requerido para la diferenciación de órganos vegetativos y florales en las plantas, mientras que, en las etapas de anthesis al llenado de grano, las altas temperaturas pueden causar estrés, sobre todo cuando recuperan los valores críticos de crecimiento de los cultivos (Stapper y Fischer, 1990).

6.2 Crecimiento y desarrollo de la planta de higo

En los cuadros 6 se muestra el análisis de varianza de la respuesta de cinco variedades, y la respuesta de las variables de crecimiento: longitud, diámetro de tallo y número de hojas, en siete fechas de evaluación. De acuerdo con el análisis se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para variable longitud de brotes en las siete fechas evaluadas que corresponden a 39, 48, 68, 96 120, 149 y 174 días después de la poda (inicio de los tratamientos). Por otro lado para la variable número de hojas solo hubo diferencias significativas a los 48 días y 96 días de iniciados los tratamientos.

En cuanto a la variable diámetro de tallo los tratamientos fueron significativamente diferentes a los 48, 68, 48, 96 149 días de realizada la poda.

Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significancia para las cinco variedades de higo, en siete fechas de evaluación.

F.V.	Días	Tratamiento	Bloque	Error
G.L.				
L1		177.2**	159.1	31.31
D1	39	1.86*	1.56	0.51
H1		8.00**	3.71	1.32
L2		245.7**	126.1	36.64
D2	48	2.1**	0.3	0.30
H2		27.6ns	21.8	21.32
L3		248.7**	17.2	35.65
D3	68	0.6ns	1.5	0.53
H3		3.8ns	4.6	3.49
L4		359.41**	119.53	62.34
D4	96	1.99*	1.82	0.60
H4		6.15*	1.63	2.55
L5		442.72**	196.87	97.23
D5	120	1.58ns	1.84	0.91
H5		5.04ns	6.36	3.70
L6		523.30**	141.82	114.22
D6	149	5.20**	1.80	0.68
H6		9.18 ns	26.76	7.16
L7		781.97**	101.81	111.60
D7	174	2.16 ns	5.25	1.44
H7		6.28ns	28.34	11.90

F.V= fuente de variación; G.L.= grados de libertad; L: longitud; D= diámetro; H= hoja ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, *significativo con $\alpha \leq 0.05$ y ns= no significativo.

En la Figura 2 se muestra la dinámica o cinética de crecimiento de cinco variedades de higo durante el ciclo Abril-septiembre de 2021. Después de 39 días de realizada la poda la variedad 'Black mission' es la que presentó una menor altura de planta con 9.6 cm, lo cual está relacionado con los días a brotación ya que fue la última variedad en brotar. Mientras que las variedades 'Netzahualcóyotl' y 'Brown Turkey' tuvieron un mayor crecimiento en esta fecha de medición. A los 48 días después de realizada la poda todas las variedades mantuvieron la misma dinámica de crecimiento donde sobre salen las variedades 'Netzahualcóyotl' y 'Brown turkey' con valores de 41cm y 39cm respectivamente, mientras que 'Black mission' y 'White kadota' las que tuvieron el menor crecimiento. Las diferencias en el crecimiento vegetativo de las variedades evaluadas, puede ser explicada por el nivel de adaptación a las condiciones ambientales durante su cultivo, tal como lo mencionan Al-Zalzaleh y Dcruz (2018) al evaluar diferentes cultivares de higo. De igual manera, Vemmos *et al.*, (2013), encontraron que diferentes cultivares de higo muestran diferencias en su eficiencia fotosintética, que está relacionado directamente con el crecimiento tanto vegetativo como reproductivo de las plantas

La dinámica de crecimiento de las variedades se mantuvo hasta los 96 días. Después de los 120 días después de la poda la variedad 'Cuello de princesa' es la que tuvo un mayor crecimiento con una altura de planta 60 cm, que, al ser relacionado con la duración de las sus fases fenológicas, tuvo un comportamiento superior a la variedad 'Black mission'. La tendencia de la variedad 'Cuello de princesa' se mantuvo a los 149 y 174 días después de la poda, alcanzando el mayor valor en altura de planta (68 cm).

El comportamiento de la variedad 'Netzahualcóyotl' se mantuvo por arriba de las demás variedades casi todo el ciclo, lo que se le puede atribuir a que la duración de las etapas fenológicas fue menor, solo fue superado a los 174 días solo por la variedad 'Cuello de Princesa', aunque no se observaron diferencias significativas entre ellas. La variedad 'Black Mission' mantuvo una dinámica de crecimiento menor al resto de las variedades, solo superada por la variedad 'White Kadota' que fue la que a partir de los 48 días después de la poda presento los menores valores de altura de planta.

La respuesta diferencial encontrada entre las variedades de higo evaluadas puede ser explicada por diferentes factores, como el genotipo, la densidad de población, las condiciones ambientales, el uso de macetas que limita el crecimiento de la planta. Tal como lo mencionan Al-Zalzaleh y Dcruz (2018), que evaluaron diferentes variables referentes al crecimiento vegetativo de diversos cultivares de higo establecidos en dos sitios de producción. Estos autores reportan una altura de planta de hasta 166.9 cm para la variedad ‘Black mission’ que es muy superior a los valores encontrados en esta investigación (50 cm), de igual manera evaluaron la variedad ‘Brown turkey’ con alturas promedio de 176 cm. De igual manera, como lo mencionan Ammar *et al.*, (2020), los cultivares de higo tienen un comportamiento adaptativo a situaciones de estrés como las altas temperaturas, que tiene un efecto negativo sobre procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la transpiración, los cuales están estrechamente relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

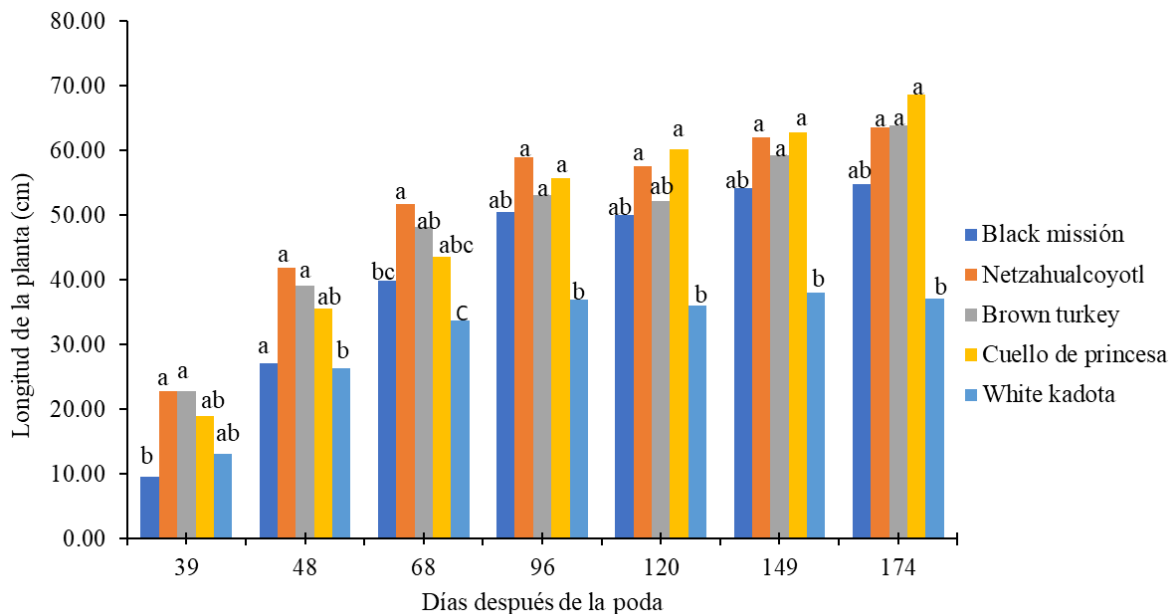


Figura 2. Dinámica de crecimiento en longitud de brotes (cm) de cinco variedades de higo, en siete fechas de evaluación. Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En la figura 3 se observa el valor promedio para la variable diámetro de la planta en siete fechas de muestreo. De acuerdo con el análisis solo se encontraron diferencias altamente significativas en los 48 y 149 días. En la primera fecha de evaluación la que se realizó 39 días después de la poda, donde la variedad 'White kadota' es la que presentó un menor crecimiento de diámetro de la planta con 5mm, mientras que las variedades 'Brown Turkey' y 'Cuello de Princesa' tuvieron un mayor crecimiento del diámetro de la planta con 6 mm. A los 48 días después de realizada la poda todas las variedades mantuvieron la misma dinámica de crecimiento donde sobresalen las variedades 'Netzahualcoyotl', 'Brown Turkey' y 'Cuello de Princesa' con valores de 7 mm, 7.5 mm y 8 mm respectivamente, mientras que 'White kadota' tuvo el menor diámetro de la planta.

La dinámica de crecimiento del diámetro de la planta se mantuvo hasta los 68 días. A los 96 días la variedad 'Cuello de Princesa' es la que tuvo un mayor crecimiento del diámetro de la planta con 10mm, mientras que la variedad 'White kadota' es la que presentó un menor crecimiento de diámetro de la planta con 8 mm.

Después de los 120 días después de la poda la variedad 'Cuello de Princesa' es la que tuvo un mayor crecimiento del diámetro de la planta con 12 mm, que, al ser relacionado con las fases fenológicas, tuvo un comportamiento superior a la variedad 'Black mission'. La tendencia de la variedad 'Cuello de Princesa' descendió a los 149 y 174 días después de la poda, alcanzando el mayor valor en diámetro de la planta con 11.8 mm. El crecimiento del diámetro de la planta para las cinco variedades se mantuvo durante las evaluaciones subsecuentes, fue a los 120 días que las variedades empezaron tener un menor diámetro de la planta.

En cuanto a la variable diámetro de tallo, la variación entre las diferentes variedades fue menor, en comparación con su longitud. De igual manera el genotipo es un factor que determina la variación de las diferentes variables de crecimiento de las plantas, como lo mencionan Al-Zalzaleh y Dcruz (2018). Los cuales obtuvieron valores de diámetro de tallo de 1.68 cm y 1.67 para las variedades 'Black mission' y 'Brown turkey', respectivamente y cuyos valores son superiores a los encontrados en este trabajo (1.1 cm para las mismas variedades).

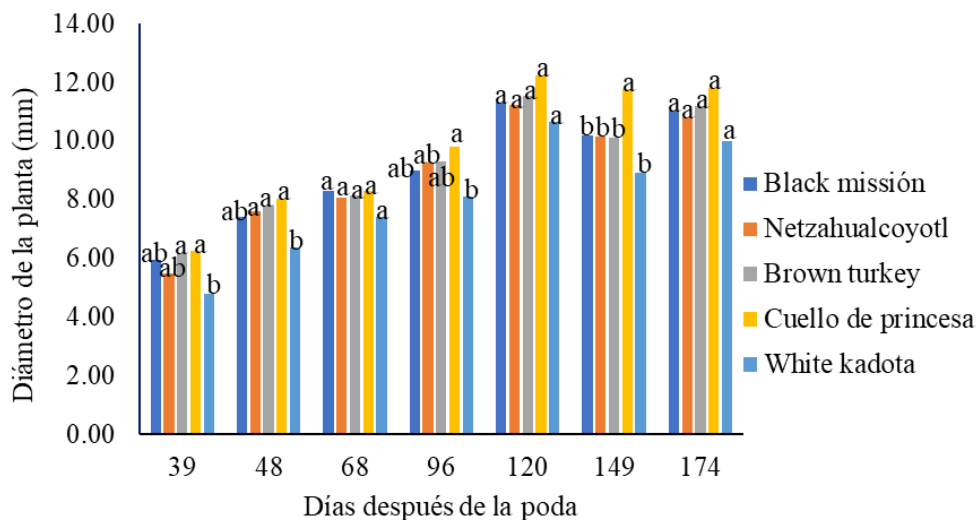


Figura 3. Diámetro (mm) del crecimiento de cinco variedades de higo, durante siete fechas de medición. Barras con letras distintas, las medias difieren

significativamente según ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En la figura 4 se observa el valor promedio para la variable número de hojas en siete fechas de muestreo. De acuerdo con el análisis solo se encontraron diferencias significativas en la primera fecha de evaluación la que se realizó 39 días después de la poda, donde la variedad 'Black Mission' fue la que desarrollo un menor número de hojas (5 hojas), mientras que la variedad 'Netzahualcóyotl' fue la que mostro el mayor número de hojas desarrolladas (8.3 hojas). El desarrollo de hojas para las cinco variedades se mantuvo durante las evaluaciones subsecuentes, fue a los 96 días que las variedades empezaron a perder hojas. La duración del ciclo vegetativo y mayor duración del área foliar, tiene una influencia sobre la acumulación de materia seca, garantizando un mayor rendimiento (Hernández *et al.*, 2010).

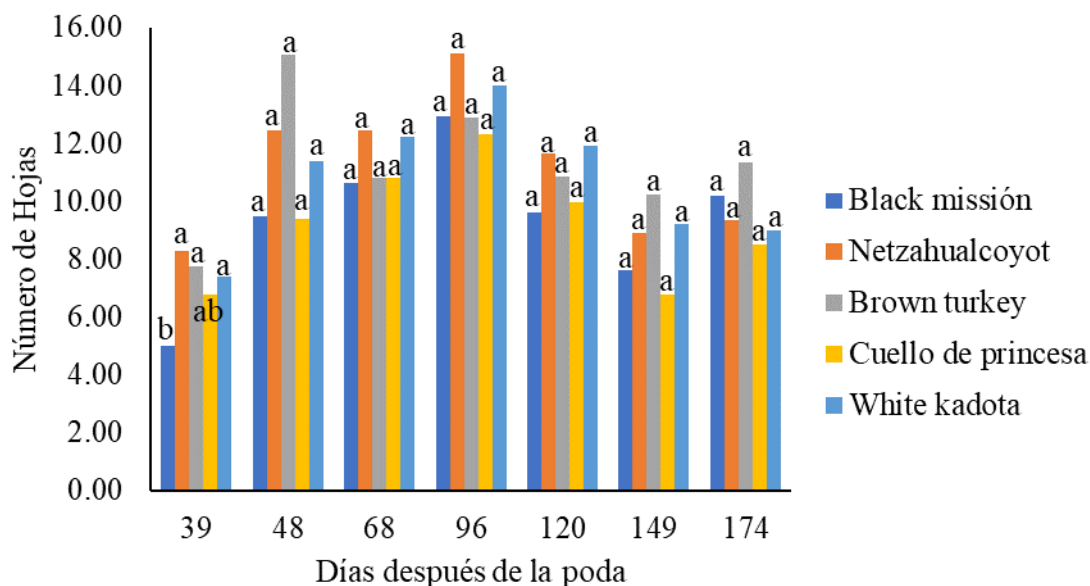


Figura 4. Numero de hojas de cinco variedades de higo, durante siete fechas de medición. Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

6.3 Segundo ciclo crecimiento y desarrollo de la planta de higo

En el cuadro 7 se muestra el análisis de varianza de la respuesta de cinco variedades, y la respuesta de las variables de crecimiento: longitud, diámetro de tallo y número de hojas, en ocho fechas de evaluación. De acuerdo con el análisis se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las ocho fechas evaluadas que corresponden a 31, 39, 47, 62, 77, 110, 139 y 168 días después de la poda (inicio de los tratamientos). Para la variable número de hojas solo hubo diferencias significativas a los 62 días y 110 días de iniciados los tratamientos. En cuanto a la variable diámetro de tallo los tratamientos se encontraron diferencias significativas a los 39, 47, 62 y 110 días de realizada la poda. Por otro lado en el analisis se encontraron diferencias significativas en el bloque en cuanto la variable número de hojas con 39, 77 y 110 dias respectivamente.

Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para las cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación.

F.V.	Días	Tratamiento	Bloque	Error
G.L.				
L1		48.32ns	21.55	24.74
D1	31	0.75ns	0.37	0.62
H1		2.18ns	0.84	1.13
L2		33.78ns	36.45	32.69
D2	39	1.06ns	0.32	0.44
H2		2.74ns	3.06	1.20
L3		36.95ns	55.26	50.32
D3	47	1.48ns	0.90	0.54
H3		3.87*	3.07	1.40
L4		79.77ns	157.43	92.53
D4	62	2.47*	0.69	0.60
H4		3.87*	3.07	1.40
L5		188.19ns	289.71	120.04
D5	77	1.72ns	1.65	0.81
H5		4.64ns	6.66	2.00
L6		287.97ns	392.32	168.30
D6	110	3.23*	1.87	0.92
H6		11.73*	9.81	2.94
L7		308.75ns	375.2	155.67
D7	139	2.40ns	1.88	0.84
H7		5.46ns	8.39	4.42
L8		393.98ns	376.44	132.47
D8	168	2.67ns	2.99	0.93
H8		3.53ns	10.13	3.98

F.V.= fuente de variación; G.L.= grados de libertad; L= longitud; D= diámetro; H= hoja**
Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, *significativo con $\alpha \leq 0.05$ y ns= no significativo.

En la Figura 5 se muestra la cinética de crecimiento de cinco variedades de higo durante el ciclo septiembre - abril de 2022. Después de 31 días de realizada la poda la variedad ‘Cuello de princesa’ es la que presentó una menor altura de planta con 6.34 cm, lo cual está relacionado con los días a brotación ya que fue la última variedad en brotar. Mientras que las variedades ‘Black mission’ y ‘Netzahualcoyotl’ tuvieron un mayor crecimiento en esta fecha de medición. A los 39 días después de realizada la poda todas las variedades mantuvieron la misma dinámica de crecimiento donde sobresale la variedad ‘Brown turkey’ con un valor de 29.58 cm, mientras que ‘cuello de princesa’ y ‘White kadota’ las que tuvieron el menor crecimiento 17.75 y 14.83 cm respectivamente. La dinámica de crecimiento de las variedades se mantuvo hasta los 139 días. Después de los 168 días después de la poda la variedad ‘Cuello de princesa’ es la que tuvo un mayor crecimiento con una altura de planta 89 cm, que, al ser relacionado con la duración de las sus fases fenológicas, tuvo un comportamiento superior a la variedad ‘Black mission’. La tendencia de la variedad ‘Cuello de princesa’ se mantuvo a los 139 y 168 días después de la poda, alcanzando el mayor valor en altura de planta (89.25 cm). El comportamiento de la variedad ‘Netzahualcóyotl’ se mantuvo por arriba de las demás variedades casi todo el ciclo, lo que se le puede atribuir a que la duración de las etapas fenológicas fue menor, solo fue superado a los 139 días solo por la variedad ‘Cuello de Princesa’, aunque se observaron diferencias significativas entre ellas a los 168 días. La variedad ‘Black Mission’ mantuvo una dinámica de crecimiento menor al resto de las variedades, solo superada por la variedad ‘White Kadota’ que fue la que a partir de los 39 días después de la poda presentó los menores valores de altura de planta.

Resultados que concuerdan parcialmente con los reportados por Muñoz *et al.*, (2015) quienes reportaron longitudes de ramas de 111 y 112 cm a 50 días después de la poda en una densidad de 4,400 plantas por hectárea, lo que resalta que el uso de contenedores limita el crecimiento inicial de la planta. De igual manera estos autores encontraron que el aumentar la densidad de población (8,800 plantas·Ha⁻¹), la longitud de la planta se vio afectada teniendo un crecimiento promedio de 81.2 cm, que al comparar la densidad utilizada (11,000 plantas·Ha⁻¹) tuvieron resultados similares. Tal como lo mencionan Izmovic *et al.*, (2005), el crecimiento de las plantas se ve limitado de igual manera por efecto de la alta densidad de población debido a una mayor competencia por

espacio, agua, aire y nutrientes. Efecto que se relaciona con lo mencionado por Cavatte *et al.*, 2012, quienes encontraron que el efecto combinado de la disponibilidad de luz sobre las hojas, el agua, contribuyen a la fijación del CO₂ para el crecimiento y el metabolismo secundario, lo que favorece las relaciones funcionales para una mayor tasa de crecimiento.

Goncalves y colaboradores en 2006, de igual manera al comparar el crecimiento de ramas de higo en diferentes etapas encontraron valores muy superiores a los obtenidos en este trabajo, ellos reportan una longitud entre 144.1 y 189.4 cm. El vigor de crecimiento de higo depende del genotipo como lo reportan Abo-El-Ez *et al.*, (2013) quienes encontraron longitudes de brotes entre 123.6 a 153.5 cm y un grosor de ramas entre 3.81 a 2.86 cm, para los cultivares Kadota y Sultani, respectivamente.

Gallegos *et al.*, 2005. mencionan que en caso de que las plantas no produzcan alguna característica importante para su diferenciación, pueden ser llevadas a un ambiente distintos en donde pueden expresar rasgos característicos que permiten diferenciarlas.

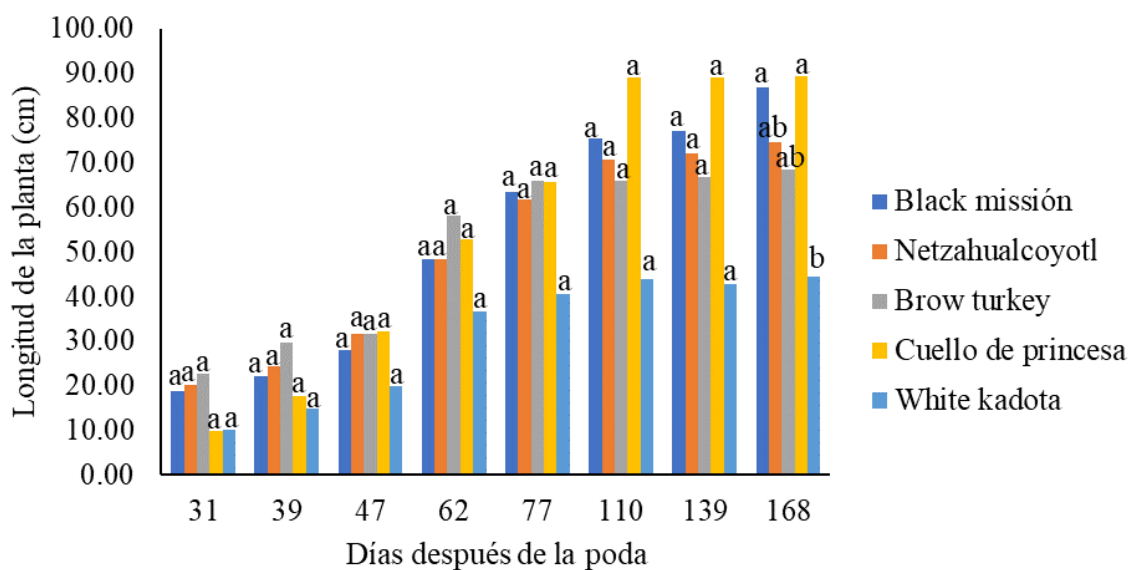


Figura 5. Dinámica de crecimiento en longitud de brotes (cm) de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación. Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En la figura 6 se observa el valor promedio para la variable diámetro de la planta en ocho fechas de muestreo. De acuerdo con el análisis solo se encontraron diferencias significativas en la cuarta y sexta fecha de evaluación la que se realizó en 62 y 110 días después de la poda, donde la variedad 'White kadota' es la que presentó un menor crecimiento de diámetro de la planta con 7.67 mm, mientras que las variedades 'Black mission' tuvo un mayor crecimiento del diámetro de la planta con 9.69 mm. A los 31 días hasta los 168 días después de realizada la poda todas las variedades mantuvieron la misma dinámica de crecimiento donde sobresalen las variedades 'Black mission', 'Netzahualcoyotl', 'Brown Turkey' y 'Cuello de Princesa' y 'White kadota' con valores 11.03 mm, 9.22 mm, 10.01 mm, 10.61 mm y 9.62 mm, respectivamente. Resultados que son similares a los encontrados por Muñoz *et al.*, (2015) donde tuvieron diámetros de tallos entre 13.1 a 15.6 mm, también observaron que entre mayor es la densidad de plantación el diámetro tendía a disminuir. Escorsia (2017), al evaluar la variedad Netzahualcoyotl en un sistema de intensivo (13, 333 plantas ha⁻¹) en macetas de 40 L, obtuvo valores muy similares a los encontrados en esta investigación, ya que reporta diámetros entre 11 a 13 mm, y longitudes entre los 89 y 96 cm.

Estos resultados nos permiten determinar que se puede utilizar una mayor densidad de plantas por hectáreas (Rigitano, 2009). Desde el punto de vista reproductivo de esta especie, las variedades de higo presentan las mejores condiciones ya que facilita la producción de esta especie por medio de estacas y brotes logrando obtener plantas con características genéticas iguales a las plantas madre, la estimulación de la brotación de hijuelos está relacionada con las podas (Bernal y Diaz, 2005).

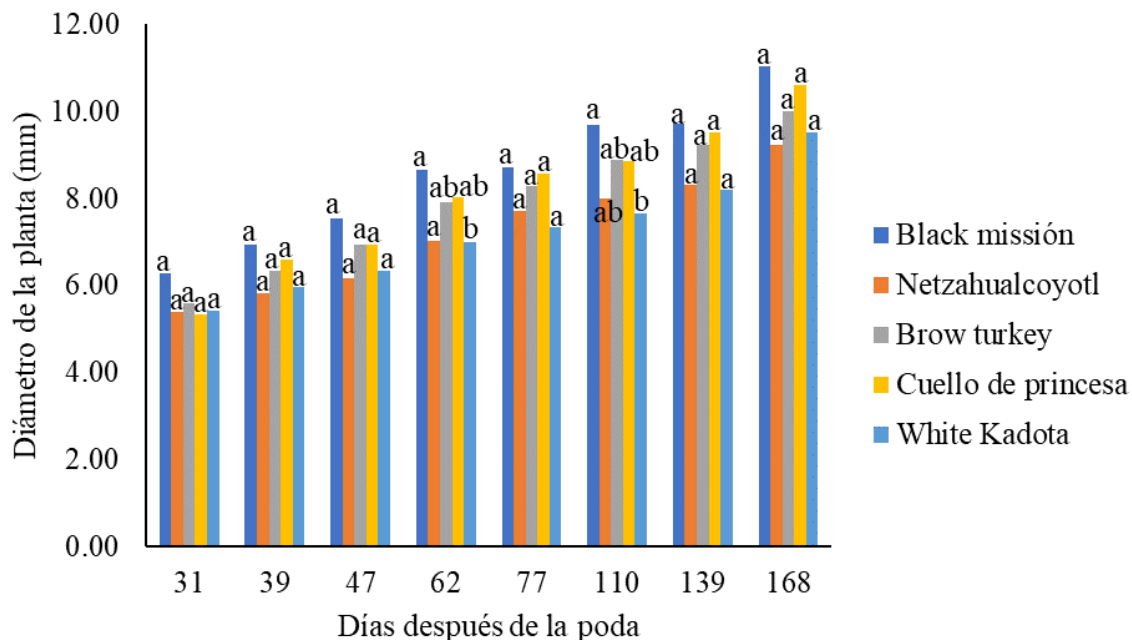


Figura 6. Dinámica de crecimiento en diámetro de la planta (mm) de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación. Barras con letras distintas, las medias difieren significativamente según ANOVA y prueba de Tukey, con $\alpha=0.05$.

En la figura 7 se observa el valor promedio para la variable número de hojas en ocho fechas de muestreo. De acuerdo con el análisis solo se encontraron diferencias significativas en la sexta fecha de evaluación la que se realizó 110 días después de la poda, donde la variedad ‘Cuello de princesa’ fue la que desarrollo un menor número de hojas (9.45 hojas), mientras que las variedades ‘Black mission’ y ‘White kadota’ fue la que mostro el mayor número de hojas desarrolladas (13.29 y 12.9 hojas). El desarrollo de hojas para las cinco variedades se mantuvo durante las evaluaciones subsecuentes.

Distintos investigadores, en otras especies, han demostrado que el tamaño de las hojas, el número de hojas no está influenciado solo por factores genéticos, sino por otros, tales como: condiciones medioambientales, por la posición y vigor del árbol, técnica de cultivo (Gonçalves *et al.*, 2006). Las hojas son los principales órganos en donde se desarrolla el proceso fotosintético, por lo que el área foliar es la mejor medida para determinar la capacidad fotosintética de un cultivo determinado (Valbuena *et al.*, 2017).

Lo que el caso de higo es determinante para obtener un buen rendimiento e infrutescencias de calidad, como lo reporta Mendoza (2013) que, con la eliminación parcial de hojas apicales, se puede disminuir entre el 58 y 61 % el tamaño el peso de los frutos, además de una menor acumulación total de biomasa por la planta.

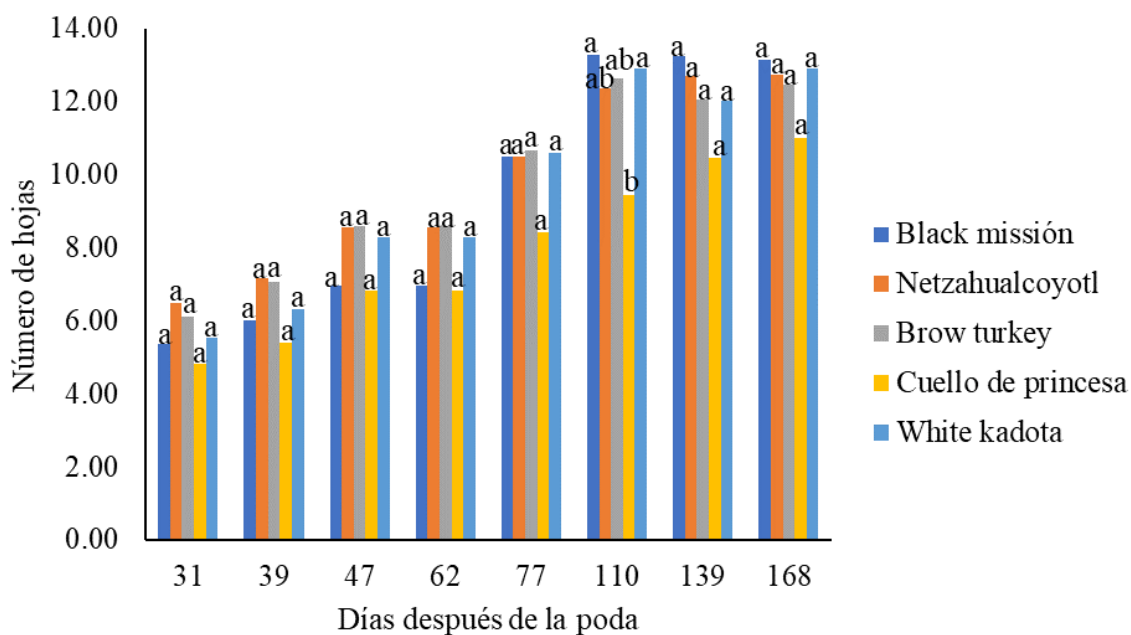


Figura 7. Dinámica de crecimiento en número de hojas de cinco variedades de higo, en ocho fechas de evaluación. Barras con letras distintas, las medias diferentes significativamente según ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Los resultados que se muestran en el cuadro 8 corresponden al análisis de varianza de las variables respuesta de acumulación de biomasa en diferentes órganos de la planta. De acuerdo con dicho análisis se encontraron diferencias altamente significativas para las variables Peso seco de tallo (PSt) y para la variable peso seco de fruto (PSf). Mientras que las variables peso seco de brote (PSb), peso seco de hoja (PSh) no fueron estadísticamente diferentes.

Cuadro 8. Cuadrados medios del peso seco de 5 variedades de higo.

F.V.	G.L.	PShj	PSt	PSf
Tratamiento	4	5445.07**	2717.82**	21.47**
Bloque	4	234.92	1217.71	1.99
Error		421.14	462.94	1.28
Total	24			

F.V.= fuente de variación; G.L.= grados de libertad; PShj= peso seco de hoja; PSt= peso seco de tallo; PSf= peso seco del fruto. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$, *significativo con $\alpha \leq 0.05$ y ns= no significativo.

En el cuadro 9. Se observa que las variedades ‘Black Mission’, ‘Netzahualcoyolt’, ‘Brown Turkey’ y ‘Cuello de princesa’ mantuvieron el mismo peso seco hoja donde sobre salen con valores de 116.68 g, 102.08 g y 131.95 g. respectivamente, mientras que ‘White kadota’ tuvo el menor peso seco con 44.74 g. Para la variable de peso seco tallo la variedad ‘Cuello de princesa’ tuvo el mayor peso seco con 94.73 g, mientras que la variedad ‘White kadota’ fue menor su peso seco con 29.53 g. En la variable peso seco del fruto sobre salen las variedades, ‘Netzahualcoyolt’, ‘Brown Turkey’ con los valores de 6.25 g y 5.86 g, mientras que la variedad ‘White kadota’ fue menor su peso seco con 1.84 g.

La higuera es una especie que en sistemas de producción intensiva genera alta productividad de biomasa, donde el manejo continuo de podas en tallos, brotes y hojas estimulan constantemente la demanda de foto-asimilados, lo que favoreció a la brotación y el crecimiento de las plantas de higo debido a la penetración de la luz en todo el perfil del dosel y la nutrición suficiente para que la oferta fotosintética se transformara en altos valores de biomasa durante los dos ciclos de higo (Mendoza, 2013)

La variedad ‘Black Mission’ mantuvo el peso seco de hoja donde sobre sale con valor de 116.68 g, mientras que ‘White kadota’ tuvo el menor peso seco con 44.74 g. Para la variable de peso seco tallo la variedad ‘Cuello de Princesa’ tuvo el mayor peso seco con 94.73 g, mientras que la variedad ‘White kadota’ fue menor su peso seco con 29.53 g. En la variable peso seco del fruto sobre sale la variedad ‘Netzahualcoyolt’ con valor de 6.25 g, mientras que la variedad ‘White kadota’ fue menor su peso seco con 1.84 g.

Estos valores permiten analizar el crecimiento de la planta a través de la acumulación de biomasa, la cual depende del tamaño área foliar y el tiempo de la planta que persiste (Tekaling y Hammes, 2005). El crecimiento de la planta se considera una actividad de la demanda fisiológica o velocidad con la que logra acumular carbono en la planta, mide el aumento en la biomasa con una cantidad dada de material asimilado en un punto dado de tiempo (Ho *et al.*, 1989; Rajput *et al.*, 2017), es uno de los índices de eficiencia más importante, que conjunta varias características fisiológicas y morfológicas de las plantas (Ozaki *et al.*, 2018).

La mayor parte de la biomasa proviene de las formas de vida leñosas. La productividad primaria neta refleja una tasa de crecimiento baja (sobre la base de la superficie del suelo), aunque la tasa de crecimiento relativa (sobre la base de la biomasa de los brotes) es bastante alta. La producción de componentes orgánicos y la absorción de nutrientes están relacionadas con el crecimiento y las actividades fenológicas. Las variaciones en la proporción de proteínas a carbohidratos indican que la comunidad está operando sobre la base de conservar y almacenar carbohidratos mientras minimiza las pérdidas de compuestos orgánicos complejos y escasos nutrientes a través de la caída de hojarasca, aunque ocurren diferencias entre las formas de vida. La respiración de mantenimiento se estima en aproximadamente tres veces el fotosintato primario neto anual fijado por la comunidad (Abdel-Razik y El-Darier, 2022).

Este parámetro es muy importante, ya que reflejan el estado de un cultivo o de una cubierta vegetal y permite dar seguimiento temporal a las condiciones de vigor o estrés (Vicente-Serreno *et al.*, 2004).

Cuadro 9. Acumulación de promedio del peso seco de 5 variedades de higo.

Tratamiento	PSh	PSt	PSf
Black M	116.68 a [†]	59.65 ab	2.95 b
Netza	102.08 a	60.86 ab	6.25 a
Brown T	96.52 a	53.73 ab	5.86 a
Cuello de P	131.95 a	94.73 a	2.25 b
W. Kadota	44.74 b	29.53 b	1.84 b
DMS	39.76	41.69	2.20
C.V.	20.85	36.04	29.61

PShj: peso seco de hoja; PSt: peso seco de tallo; PSf: peso seco del fruto; DMS: Diferencia mínima significativa honesta; C.V.= Coeficiente de variación. † Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

La biomasa acumulada en frutos es un porcentaje muy bajo comparado con la acumulada en estructuras como las hojas o tallos, debido a que los frutos no llegaron a su madurez de cosecha. Por otro lado, los valores encontrados para la biomasa acumulada en tallos fueron muy inferiores a los reportados por Mendoza (2013) que para un sistema intensivo de producción y una conducción de 6 tallos productivos tuvieron una acumulación de biomasa en tallo de aproximadamente 590 g. que representan el 35 % de la biomasa total producida por la planta. Mientras que para hoja este mismo autor reporto una acumulación de 390 g (23 %). De manera general se tuvo una mayor acumulación de biomasa en hojas para las diferentes variedades.

VII. CONCLUSIÓN

Con base a los objetivos, hipótesis planteada y metodología utilizada se concluye que en las cinco variedades de higo estudiadas presentan diferencias en su fenología y su crecimiento.

De acuerdo con la acumulación de GDD se observó que las variedades tuvieron un comportamiento diferente entre ellas, siendo la variedad Netzahualcoyotl la que necesito un menor número de GDD para completar su ciclo. Mientras que la variedad que presentó una mayor duración en cuanto a sus etapas fenológicas fue 'Black mission'.

El crecimiento de las cinco variedades se vio influido por las variables climáticas, presentando un desarrollo diferenciado entre ellas.

La duración de las etapas fenológicas y crecimiento de las plantas no influyo en la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de la planta, principalmente para las variedades 'Brown Turkey' y 'Black mission'.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abdel-Razik Mohamed & El-Darier, S. 2022. Functional adaptations of fig trees (*Ficus carica*, L.) in agroecosystems of the western mediterranean desert of egypt. pp:183-199.
- Abo-El-Ez A.T., R. A. A. Mostafa y I. F. Badawy. 2013. Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. *Austalian 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 Aissa, 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.
- Bernal J. y Díaz C. 2005. Tecnología para el cultivo del brevo. Ed. Litomadrid. Medellin, Colombia. 139 p.
- Cavatte P. C., N. F. Rodriguez-López, S. C. Martins, M. S. Mattos, L. M. V. P. Sanglard, F. M. Damatta. 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.
- CIMMYT (Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo). 2017. Variedades comerciales. En línea: www.agrocapital.com.mx. Consultado: febrero en 2022.
- De Swart E. A. M., P. Stam., R. E. Voorrips., y L. F. M. Marcelis. 2010. Influence of temperature on plant morphology traits and their relationship to relative growth rate in wild and cultivated *Capsicum* accessions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 85: 177-184.

- Díaz- López E., J. M. Loeza- Cortes., J. M. Campos-Pastelin., E. J. Morales-Rosales., A. Dominguez-Lopez., O. Frnco-Mora. 2013. Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral terminal en función de fosforo en maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia* 47:135-146.
- Dunn E. 2021. Cosecha de cada año. En línea: Cuando debes podar una higuera Black misión. (Consulta: marzo de 2022).
- Duran G. E. 2008. Control de procesos de elaboración, calidad y trazabilidad del vinagre de jerez. Tesis doctoral. Departamento de química analítica. Puerto Real. 457 p.
- Eduardo U. 2022. Microsoft Word-Tema 23 Crec y desarrollo bueno.doc (une.edu.ar). (Consulta: abril del 2022).
- Erickson A. N. y A. H. Markha, 2022. Flower developmental stage and organ sensitiving of bell pepper (*Capsicum annum L.*) to elevated temperatura. *Plant, cell y Environment* 25:123-165.
- 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.
- FAOSTAT (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). 2020. Importancia económica. En línea: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/produccion-de-higo-en-mexico>. Consultado: febrero en 2022).
- Fernández J. I. 2016. Caracterización química y morfológica de ocho ecotipos de higo (*Ficus carica L.*). Tesis de licenciatura. Toluca, México. 62 p.
- Flores M. D. 2007. Desarrollo del cultivo del higo (*Ficus carica L.*) para consumo frescos y procesados, como una alternativa de diversificación para el sector agrícola. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Costa, México. 93p.

- Gallegos V., C., A. F. Barrientos Priego; J. Cervantes H. 2005. Manuel gráfico para la descripción de nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.9. servicio nacional de inspección y Cerrtificacion de semillas-SAGARPA. Universidad Autónoma de Chapingo. 166p.
- Garruña-Hernandez R. A., Canto J. O. Mijangos-Cortes., Islas., L. Pinzon y R. Orellana. 2012. Changes in flowering and fruiting of Habanero pepper in response to higher temperatura and CO₂. Food Agriculture environ 10: 3-4.
- Gastiazoro J. Fenología Agrícola. [en línea] Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. (Consulta: septiembre de 2006). Disponible en: <http://academicos.cualtos.udg.mx/Agroindustrias/PaginaFv/Lecturas/Fenologia.h>>.
- Gonçalves C. A. A., Lima, L. C. D. O, Lopes, P. S. N. y Souza, M. T. D., 2006. Poda y sistema de conducción en el rendimiento de higo verde. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41 6: 955-961.
- Gutiérrez N., 2014. Higuera Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (jalisco.gob.mx). (Consulta: febrero de 2014).
- Hernández L., N. Hernández, F. Soto, M. de los A. Pino. 2010. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. Cultivos tropicales 31(1): 54 – 61.
- Hydroenv,2022. Agua. En línea: www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page= (Consultado: mayo en 2022).
- Higos (higo). 2020. Variedades de interés comercial. En línea: <https://www.higos.mx/>. (Consultado: febrero en 2022).
- Higosand (Higos & figs). 2022. cultivo de higo bajo cubierta. En línea: higosandfigs.com (Consulta: marzo del 2022).
- Ho L. C., R. I. Grange., y A. F. Shaw. 1989. Source/sink regulation. Transport of photoassimilates. Ed. by Baker, D.A. and Milburn, J.A. Longman Scientific and Technical, New York. pp: 306- 343.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geográfica). 2022. Localización. En línea: <https://www.inegi.org.mx/> . (Consultado: mayo en 2022).
- Infoagro (Información Técnica Agrícola). 2020. Variedades de interés en higo. En línea: <https://infoagro.com.ar/todo-lo-que->. (Consultado: febrero en 2022).
- Izarra W., y Lopez, F. 2014. Servicio nacional de meteorología e hidrología. Obtenido de manual de observaciones fenológicas, volumen II, SENAMHI, Edición: manual feno. pp 99.
- Izomovic, M., Popovic, M. Radulovic, S. Malidan and T. Perovic. 2005. Cropping parameters in some one-crop fig cultivars in the región of bar. *Vocarstvo* 39(4): 379-386.
- Kim H. C., Y. Ku., Y. B. Lee., J. H. Lee., J. H. Choi., y J. H. Bae. 2013. Early growth of sweet pepper by difference between day and night temperature after planting. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 31: 552-557.
- Lavin A. Reyes M. 2004. Higuera (*Ficus carica* L.). frutales: especies con potencial en el secano interior. Ed. Matsuya, Kuni y Inia. Chile. pp: 82-94.
- Melgarejo Moreno P. 2000. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas, extensión centro de investigación en biotecnología, volumen II, Escuela de Biología, edición Mundi-presa, México. 93p.
- Mendoza C. V. M. 2013. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L.) en producción forzada bajo cubierta plástica. Montecillo, Mexico: Colegio de Postgraduados. 99 p.
- Mendoza-Castillo V., J. Vargas-Canales. 2017. Intensive production systems of fig (*Ficus carica* L.) under greenhouse conditions. *Experimental agriculture* 53(3): 339-350.
- Miller P., Will Lanier and Stud Brand. 2001. Using Growing degree day to predict plant starger. Pdf. Montana State University. pp 7.

- Molina, A. C. 2021. Conocimiento tradicional de la higuera en Canarias: mucho mas que un frutal. 10: 24:26.
- Mundarain S., M. Coa y A. Cañizarez. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.) Revista UDO Agrícola 5(1): 62 – 67.
- 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 15:133-141.
- Nikovski I. 1994. Common problems in propagation in vitro of fig. Agrimatters. 9: 32-35.
- Ozaki, H., R. Oguchi., y K. Hikosaka. 2018. Dependence of functional traits related to growth rates and their response on multiple habitat climate factors across arabidopsis thaliana populations. Journal of plant research 10: 1-13.
- Perdomo A. C. 2007. Sobre paseros, secaderos, tendales, tinglados y hornos: la cultura material de los higos basados en canarias. Rincones del Atlántico. 5: 4-4.
- Promix, 2022. El impacto de la temperatura al final del cultivo | PRO-MIX (p horticulture.com). (Consulta febrero de 2022).
- Rajashree M., Wandile, Maya, M., Rahul, Swati, V., Washimakr and Bharti, S. B., 2005, Residual effect of long-tem application of N, P, Zn and FYM on soil properties of Vertisols yield, protein and oil contenido f soybean. J. soils and crops. 15 (1): 155-159.
- Rajput A., S. S. Rajput. y G. Jha. 2017. Physiological parameters leaf area index, crop growth rate,relative growth rate and net assimilation rate of different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in sri. Int. J. Pure App. Biosci. 5: 362-367.
- Rigitano O. (2009). Instrucciones para el cultivo del higo (*Ficus carica* L.). Sao Paulo: secretaria de Agricultura del Estado de Sao Paulo. 2: 10-16.

- Rojas, G. S., L. J. Garcia y M. Alarcón R., 2004. Propagación Asexual De Plantas. Editorial Produmedios. Pp 31.
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2016. En línea: www.gob.mx/siap/articulos/atlas-agroalimentario-2016-siap-presenta-los-exitos-del-campo-mexicano. (consultado: mayo en 2022).
- Souza A. P. De; Silva, A. C. Da; Leonel, S. 2009. Basic temperaturas and thermal sum for the fig trees pruned in different months. Revista brasileira de fruticultura. 31(2): 314-322.
- Stapper M. R. A. Fischer., 1990. Genotype, sowing date and plant spacing influence in high-yielding irrigated wheat in southern new south wales. III. Potential yields and Optimum flowering dates. Aust. J. of Agric. Res. 41: 1043-1056.
- Studylib (Estudio de libros. grados día de desarrollo). 2020. En línea: (studylib.es). (Consultado: febrero en 2022).
- Taiz L., y E. Zeiger. 2010. Plants physiology. Quinta edición. Ed. Sinauer Associates Inc. 782 p.
- Tamaros D., Gustavo Gili, 1984. Tratado de fruticultura. Barcelona, España. volumen II, El medio económico, la higuera, el alcaparro y el nopal. 4: 6-19.
- Tekalign T. & P. Hammes. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: II. Growth analysis, tuber yield and quality. Scientia Horticulturae. 105: 29-44.
- Valbuena N., C. Parraga., L. Linares., J. Ramos y J. Junco. 2017. Modelos de estimación de área foliar a partir de observaciones morfológicas en *Brachiaria brizantha* cv. Toledo. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 34: 40-44.
- 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.

- Vicente-Serreno S. M.; Pons_ Fernandez X. and Cuadrat-Prants, J. M., 2004. Mapping soil moisture in the central Ebro river valley (northeast Spain) with Landsat and NOAA satellite imagery: a comparison with meteorological data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 25, International Journal of Remote Sensing. Edición Taylor & Francis. Pp: 4325-4350.
- Wallace A. A. 1999. Historia y propiedades del higo *Ficus carica* L. *Fruta Viva* 32(4): 123 – 130.
- Westwood N.W 1982. *Temperatures and Zones in Pomology*. Ed. Freeman Co. San Francisco, California, E.U.A. pp:184-188.
- Wheeler T. R., P. Q. Craufurd., R. H. Ellis., J. R. Porter., y P. V. Vara P. 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 82: 159- 167.
- Wilson T. y W. Barnett. 1983. Degree-days: An aid in crop and pest management. *California Agriculture* 37(1):4-7.



BUAP

“HUP, 50 años de enseñanza y salud”

Oficio No. FCAyP/244/2022

Asunto: Impresión de Tesis.

C. Ianira Amalia Bandala Domínguez
Egresada 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:

“Desarrollo fenológico de cinco variedades de higo (*Ficus carica* L.) bajo condiciones de 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

