



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**INDUCCIÓN DE INFRUTESCENCIAS DE VITROPLANTAS DE HIGO, MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE NITRATO DE POTASIO**

TESIS PROFESIONAL

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

PRESENTA

OSCAR BELLO ROQUE

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

CO DIRECTOR

DRA. BLANCA BERENICE FLORES ESPINOSA

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2024



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**INDUCCIÓN DE INFRUTESCENCIAS DE VITROPLANTAS DE HIGO, MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE NITRATO DE POTASIO**

TESIS PROFESIONAL

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

PRESENTA

OSCAR BELLO ROQUE

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

CO DIRECTOR

DRA. BLANCA BERENICE FLORES ESPINOSA

ASESORES

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

DRA. CARMELA HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2024.

La presente tesis titulada: “Inducción de infrutescencias de vitroplantas de higo, mediante la aplicación de nitrato de potasio”. **Y realizada por** Oscar Bello Roque **Ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:**

LICENCIADO EN INGENIERIA AGROHIDRAULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Luis Antonio Domínguez Perales

Codirectora: Dra. Blanca Berenice Flores Espinosa

Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández

Asesor: Dra. Carmela Hernández Domínguez

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2024

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: BUAP-CA-355 Agrobiotecnología y Recursos Naturales y de la Línea de Investigación: Biotecnología, Conservación y Protección Vegetal. Dicho trabajo, fue financiado por: Con recursos propios.

DEDICATORIA

A mi Dios

Fuente de sabiduría e inspiración, que me apoyo en mi camino académico, por su amor y su protección constante, tú que me has otorgado la capacidad y la perseverancia para alcanzar mis logros, agradezco su presencia en mi vida y esta investigación.

A mis padres

A mis padres, quienes con su amor incondicional y apoyo inquebrantable me han permitido alcanzar este logro, gracias por creer en mí, cuyo sacrificio y dedicación han sido mi motor e inspiración, los amo y les agradezco por todo. Esta tesis es un reflejo de su legado.

A mis hermanos

A ustedes, Alexis y Anahi, compañeros de infancia y amigos por siempre, que compartieron risas, lágrimas y momentos inolvidables, por creer en mí y ayudarme a ser mejor cada vez más, gracias.

A mi abuelo Víctor

Por heredarme el amor hacia la naturaleza el cual me guio hacia este camino, cuya memoria y legado vivo en mi corazón.

A todas las personas que se han cruzado en mi camino, las que creyeron en mí, las que me inspiraron, todas las que contribuyeron a mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Por formar parte de mi formación universitaria y profesional, por ser mi segundo hogar en estos años.

Al Doctor Luis Antonio Domínguez Perales

Por orientarme y apoyarme en cualquier cosa que necesitaré en el recorrido de esta investigación, por su amistad, conocimientos y demás. Por el tiempo que me otorgo a las horas de la noche.

A mis asesores

Por las colaboraciones que me aportaron a este trabajo, por compartir sus conocimientos únicos que cada uno tiene cuando más las necesité.

A la Doctora Blanca Berenice Flores Espinosa

Por su colaboración en este proyecto, por compartir todos sus conocimientos, a su tiempo y dedicación cuando lo ocupaba

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
INDICE DE CUADRO.....	iii
INDICE DE FIGURA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo particulares.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Origen de higo.....	5
4.2 Clasificación taxonómica de higo.....	5
4.3 Importancia económica.....	5
4.4 Producción nacional.....	6
4.5 Producción mundial.....	6
4.6 Descripción botánica.....	6
4.7 Propagación.....	8
4.7.1 Propagación sexual.....	8
4.7.2 Propagación por estaca.....	8
4.7.3 Propagación por acodo aéreo.....	8
4.7.4 Propagación <i>in vitro</i>	8
4.8 Factores que influyen en el rendimiento.....	9
4.8.1 Densidad de plantación.....	9
4.8.2 Coste de planta.....	9
4.8.3 Zona de producción.....	10
4.9 Principales requerimientos.....	10
4.9.1 Necesidades climáticas.....	10
4.9.2 Suelo.....	11
4.9.3 Humedad, pH y CE.....	11

4.10	Inducción de floración.....	11
4.11	Uso de nitrato de potasio en la inducción floral.....	12
4.11.1	Efecto fisiológico del nitrato de potasio.....	13
4.11.2	Modo de acción.....	13
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
5.1	Ubicación.....	14
5.2	Material vegetativo.....	14
5.3	Establecimiento.....	15
5.4	Control de plagas y enfermedades.....	15
5.5	Conducción del experimento.....	15
5.6	Diseño de tratamientos.....	15
5.7	Variables evaluadas.....	16
5.8	Análisis estadístico.....	17
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
6.1	Evaluación de longitud de tallo.....	18
6.2	Evaluación de diámetro basal.....	22
6.3	Evaluación del conteo de numero de hojas.....	22
6.4	Efecto de la aplicación de KNO ₃ sobre variables de infrutescencias.....	24
6.5	Diámetro polar de infrutescencias durante su desarrollo.....	27
VII.	CONCLUSIÓN.....	28
VIII.	LITERATURA CITADA.....	29

INDICE DE CUADRO

Contenido	página
Cuadro 1. Principales países productores de higo.....	6
Cuadro 2. Valores críticos de temperaturas para el crecimiento de <i>Ficus Carica l</i>	11
Cuadro 3. Dosis de aplicación de nitrato de potasio.....	16
Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de crecimiento vegetativo de plantas de higo	18
Cuadro 5. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de diámetro basal de plantas de higo	20
Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de numero de hoja de plantas de higo	22
Cuadro 7. Cuadrados medios de las variables de desarrollo de infrutescencias para diferentes dosis de KNO ₃ de los cuatro tratamientos	24
Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de las variables de desarrollo de infrutescencias para diferentes dosis de KNO ₃	25

INDICE DE FIGURAS

Contenido	página
Figura 1. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.....	14
Figura 2. Dinámica de crecimiento vegetativo de vitroplantas de higo en condiciones de invernadero.....	19
Figura 3. Cinética del crecimiento del diámetro basal de vitroplantas de higo en condiciones de invernadero.....	21
Figura 4. Dinámica del número de hojas por rama en plantas de higo en condiciones de invernadero.....	23
Figura 5. Diámetro polar durante su desarrollo de infrutescencias.....	27

RESUMEN

La propagación *in vitro* es la multiplicación de plantas en condiciones asépticas, es decir, libres de patógenos, cuya ventaja es que puede realizarse en cualquier época del año, teniendo así una mejor calidad de planta, así mayor disponibilidad de la misma. Sin embargo, los productores presentan oposición para aceptar plantas propagadas *in vitro* debido a una producción inconsistente por lo que una alternativa que se ha implementado y funcionado en otros cultivos es la aplicación de biorreguladores los cuales se definen como cualquier sustancia aplicada a las plantas de forma individual o mezclados, con la finalidad de mejorar e incrementar las cosechas, entre otros beneficios. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de nitrato de potasio en la inducción de infrutescencias de vitroplantas de higo ocupando un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos (T1: testigo; T2: 10 g·L⁻¹; T3: 30 g·L⁻¹ y T4: 50 g·L⁻¹) y 4 repeticiones, las plantas evaluadas tienen de tres años edad y son de la variedad “Brown Turkey” se encuentran en un sistema de plantación intensivo con distanciamientos entre plantas de 0.60 m y 1.20 m entre hileras en condiciones de invernadero y riego por goteo, se evaluó el desarrollo de infrutescencias y crecimientos vegetativo de tallos productivos. La aplicación de nitrato de potasio no influyó el crecimiento vegetativo de las plantas, así como en la formación de infrutescencias, sin embargo, la aplicación de 50 g·L⁻¹ presentó mayor número de infrutescencias con un promedio de seis, al compararlo con la dosis más baja de 30 g·L⁻¹ con un promedio de una infrutescencia, por otra parte, para las dosis bajas de nitrato de potasio hubo un aumento en el crecimiento de las infrutescencias, en diámetro polar (61.15 mm) con la aplicación de 10 g·L⁻¹ y diámetro ecuatorial con 50.85 mm en vitroplantas de higo, así mismo en su peso en fresco con 65.14 g y seco con 7.81 g, la aplicación de 10 g·L⁻¹ fue la que presentó los valores más altos.

Palabras clave: *Ficus Carica* L, desarrollo, bioestimulante.

ABSTRACT

In vitro propagation is the multiplication of plants in aseptic conditions, that is, free of pathogens, whose advantage is that it can be done at any time of the year, thus having a better plant quality and greater plant availability. However, producers are opposed to accept *in vitro* propagated plants due to inconsistent production, so an alternative that has been implemented and has worked in other crops is the application of bioregulators, which are defined as any substance applied to plants individually or mixed, in order to improve and increase yields, among other benefits. The objective of this research was to evaluate the effect of foliar application of potassium nitrate on the induction of infructescence of fig vitroplants using a completely randomized experimental design with 4 treatments (T1: control; T2: 10 g-L⁻¹; T3: 30 g-L⁻¹ and T4: 50 g-L⁻¹) and 4 replications, the evaluated plants are three years old and are of the variety “Brown Turkey”, they are in an intensive plantation system with distances between plants of 0.60 m and 1.20 m between rows under greenhouse conditions and drip irrigation, the development of infructescences and vegetative growth of productive stems were evaluated. The application of potassium nitrate did not influence the vegetative growth of the plants, as well as the formation of infructescences, however, the application of 50 g-L⁻¹ presented a greater number of infructescences with an average of six, when compared to the lowest dose of 30 g-L⁻¹ with an average of one infructescence, on the other hand, for the low doses of potassium nitrate there was an increase in the growth of infructescences, in polar diameter (61.15 mm) with the application of 10 g-L⁻¹ and equatorial diameter with 50.85 mm in vitroplants of fig, as well as in fresh weight with 65.14 g and dry weight with 7.81 g, the application of 10 g-L⁻¹ was the one that presented the highest values.

Key words: *Ficus Carica* L, development, biostimulant.

I. INTRODUCCIÓN

En México, el árbol de higo (*Ficus carica* L.) se han cultivado desde la época de la colonia como una especie de traspatio (Muñoz *et al.*, 2015); sin embargo, Macías (2013) menciona que la demanda de higo en fresco, como producto de exportación, es de aproximadamente 12 mil toneladas para el mercado de EUA. Por lo tanto, México tiene el potencial para convertirse en un importante productor del cultivo de higo; para satisfacer se requiere incrementar el rendimiento, adelantar las cosechas y obtener frutos de calidad.

La propagación *in vitro* es la multiplicación de plantas en condiciones asépticas, es decir, libres de patógenos, cuya ventaja es que puede realizarse en cualquier época del año. Sin embargo, presenta algunas desventajas como el alto costos de producción y que las plántulas pueden tardar al menos un mínimo de dos años para iniciar su producción (Demiralay *et al.*, 1998), el cual es un tiempo mucho mayor al compararlo con plántulas obtenida por estacas, donde la planta puede comenzar la producción en siete meses. Esto debido a que existen factores que afectan la inducción y la apertura de flores como lo son las condiciones ambientales, hormonas, actividad relativa del crecimiento vegetativo y reproductivo (Reddy y Majmudar, 1985). La inducción floral es el proceso mediante el cual las yemas de los árboles frutales, originalmente vegetativas, experimentan cambios metabólicos que las preparan para su transformación en yemas florales (Yuri *et al.*, 2002).

Bhatt (2021) menciona que los productores presentan oposición para aceptar plantas propagadas *in vitro* por debido a una producción inconsistente, lo que puede resultar en una reducción de la capacidad de producción hasta del 50 %, por otro lado, Rodríguez *et al.*, (2016) mencionan que se necesitan manejos agrotécnicos específicos para obtener una buena productividad de las vitroplantas.

Una alternativa que se ha implementado y funcionado en otros cultivos es la aplicación de biorreguladores los cuales se definen como cualquier sustancia aplicada a las plantas de forma individual o mezclados, con la finalidad de mejorar e incrementar las cosechas, entre otros beneficios (du Jardin, 2015). Arshad y Frankenberger (1991) mencionan que los biorreguladores sintéticos son productos químicos que contienen compuestos los cuales pueden utilizarse para la manipulación de diversos procesos fisiológicos de las plantas para aumentar el potencial de producción o la calidad de los productos.

Entre los biorreguladores se encuentra la aplicación del nitrato de potasio (KNO_3) que estimula la inducción, especialmente en regiones tropicales (Nuñez-Elisea, 1985). Por otra parte, Echeverría y Zapata (2020) mencionan que aplicando KNO_3 promueve un aumento en el número de panículas en el cultivo de mango.

Debido a las condiciones mencionadas de las vitroplantas y el efecto del nitrato de potasio en la inducción de la floración, la presente investigación tiene el objetivo de estudiar el efecto de la aplicación foliar de nitrato de potasio en el desarrollo de infrutescencias de vitroplantas de higo.

II. OBJETIVO

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de nitrato de potasio en la inducción de infrutescencias de vitroplantas de higo.

2.2 Objetivos particulares

Evaluar el desarrollo de infrutescencias de higo con diferentes dosis de nitrato de potasio.

Determinar la mejor dosis de nitrato de potasio para la inducción de infrutescencias de higo.

III. HIPÓTESIS

La aplicación foliar de nitrato de potasio tendrá un efecto positivo sobre la inducción de infrutescencias y desarrollo reproductivo de higo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen de higo

El higo es considerado una especie nativa de Asia Menor y la región Mediterráneo. Los higos se cultivan en el Mediterráneo desde el año 5000 A.C (Hanelt *et al.*, 2001). Fernández (2016) menciona que se consideraron como los manjares en el período de la Grecia clásica.

Las higueras fueron traídas a México en 1683 por los misioneros franciscanos españoles, quienes sembraron higos negros en las afueras de las iglesias de los estados de Hidalgo, Guanajuato, Morelos, San Luis Potosí y Zacatecas (Parra, 1996).

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

Desde el punto de vista taxonómico, la higuera se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Plantae (plantas)
- Subreino: 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 Importancia económica

En los últimos años recientes ha habido una creciente de interés por el cultivo de higo debido a la alta demanda nacional e internacional gracias a su contenido nutrimental. En el mundo se reportan 54 países productores en el cual se encuentra México por sus diferentes condiciones climáticas favorables, el cual tendrían un potencial para la demanda de los mercados estadounidenses y europeos (Agrocapital, 2021).

4.4 Producción nacional

La producción nacional del higo en 2023 fue de 12,489.34 toneladas (SIAP, 2024) en una superficie de 2,168.17 hectáreas de los cuales se agrupan en 15 estados, destacando entre Morelos, Veracruz, Hidalgo, Baja California Sur y Puebla como los principales estados productivos.

4.5 Producción mundial

Según FAOSTAT (2020), los mayores productores de higos son Turquía, con una producción anual de 320,000 toneladas, seguida por Egipto con 201,212 toneladas, Marruecos con 144,246 toneladas, Irán con 130,328 toneladas y Argelia con 114,092 toneladas. En el Cuadro 1 se muestran los seis principales países productores a nivel global.

Cuadro 1. Principales países productores de higo.

País	Producción total (Ton)
Turquía	320,000
Egipto	201,212
Marruecos	144,246
Iran	130,328
Argelia	114,092
España	51,600

Fuente: FAOSTA (2020)

4.6 Descripción botánica

La higuera es un cultivo característico de zonas de secano en los países del Mediterráneo, son árboles mayores a 3 (m) o arbustos menores a 2.99 (m) de madera de textura blanda, con hojas grandes, verdes y brillantes en el anverso, y grises y ásperas en el reverso (García, 2011). El color de la madera cuando llega a ser adulto toma un color gris claro, adquiriendo tronco y ramas de gran diámetro, de corteza fina y sin rugosidades. Su savia (*látex*) recibe el nombre de leche, debido a su color; es amarga y astringente. Este látex es característico del género *Ficus*,

al que pertenece la higuera, y se espesa al exponerse al aire. Es un árbol de hoja caduca que crece en la región mediterránea (Melgarejo, 1999).

El tronco presenta numerosas ramas gruesas, de madera poco densa y glabras, que se extienden o ascienden. La ramificación ocurre a poca altura del suelo, con un número variable de ramas, por otro lado, la corteza externa es lisa y de color grisáceo, mientras que la interna contiene numerosas células laticíferas que producen un látex lechoso, áspero y gomoso, el cual se espesa al entrar en contacto con el aire (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

La planta presenta una inflorescencia de tipo sicono. La flor femenina tiene cinco pétalos y un solo carpelo de color rosado o blanquecino, dispuestos en el fondo del sicono, mientras que la flor masculina tiene tres sépalos y tres estambres, organizados en la entrada del sicono. El diagrama floral de esta especie es bastante complejo. Se caracteriza por dos morfos: los cabrahígos, que tienen flores estaminadas y flores pistiladas con estilo corto, y los higos comunes, que producen únicamente flores pistiladas con estilo largo. (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Según Melgarejo (1999) dependiendo de la variedad de la higuera, se pueden encontrar únicamente flores femeninas, flores masculinas o ambos tipos de flores. Las flores masculinas solo son visibles cuando el sicono está maduro, es decir, cuando se abren las brácteas del ostiolo. En cambio, las flores femeninas, que se encuentran más hacia el interior y solo se pueden observar al seccionar el sicono.

La infrutescencia es un sicono de forma ovoide o elipsoide, blando y carnoso, recubierto por una cáscara muy fina. Este sicono contiene numerosos aquenios pequeños distribuidos en su interior. El color del fruto puede ser azulado, verde, negro o morado, y su tamaño varía entre 3 y 10 cm de largo. Su sabor es dulce y mucilaginoso. El sicono, o fruto falso es en realidad el receptáculo que tras la fecundación se hincha y se vuelve carnoso, formando la breva o el higo, dependiendo de la fecha de madurez. Los aquenios, por su parte, son los frutos verdaderos (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

Las semillas son pequeñas y abundantes.

El sistema radicular de la higuera es abundante, fibroso y de desarrollo superficial, extendiéndose ampliamente, llegando a abarcar hasta 15 m de terreno. En suelos permeables,

las raíces pueden llegar a profundizar hasta 6 m, aunque el 80% de las raíces se encuentra a una profundidad de entre 20 y 45 cm (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

La higuera presenta una sexualidad monoica evolucionada hacia dioica, es decir, tiene flores unisexuales (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

4.7 Propagación

4.7.1 Propagación sexual

La reproducción del higo puede ser por vía sexual esto debido a su semilla el cual se puede sembrar en semilleros para generar plántulas, aunque no es muy recomendable debido a que la higuera tarda en fructificar hasta al menos 10 años después de su plantación (Mendoza, 2019).

4.7.2 Propagación por estacas

La estaca se puede obtener de cualquier parte de la planta como puede ser tallos, ramas o raíces esto debido a que es capaz de generar nueva raíz y brotes en las condiciones ambientales adecuadas. Las estacas leñosas son las más utilizadas en la multiplicación de frutales. Generalmente, la longitud de estas estacas varía entre 30 y 40 cm (Flores, 2007).

4.7.3 Propagación por acodo aéreo

Otra técnica de reproducción vegetativa utilizada para la propagación de la higuera es el acodo aéreo. Para perpetrar este método se necesita seccionar un anillo de 2 cm alrededor de la corteza de un tallo grueso o de una rama delgada. Seguido de esto se cubre la zona seccionada con musgo húmedo y se envuelve con una banda de polietileno (Morocho, 2015).

4.7.4 Propagación *in vitro*

Con el avance de las técnicas de micropropagación de plantas, se han ampliado las posibilidades de obtener material vegetal de mejor calidad agronómica en cualquier época del año, en un tiempo y espacio reducidos, y aprovechando al máximo el propágulo vegetal (Lema, 2011). Actualmente, gracias a las técnicas de cultivo de tejidos, es posible obtener grandes cantidades de material clonal en poco tiempo y con un control sanitario más riguroso. Además, estas técnicas permiten la reproducción de variedades que cuentan con pocos individuos

disponibles. Cada procedimiento de cultivo *in vitro* tiene características específicas que posibilitan la producción de plantas completas a partir de explantes, las cuales dependen de factores como las características de los genotipos, el tipo de explante, las normas de asepsia, los medios de cultivo y las condiciones ambientales. Uno de los principales beneficios del cultivo de tejidos es la expansión vegetativa de plantas, lo que facilita la obtención de gran cantidad de material vegetal sano desde el punto de vista fitosanitario (Pasqual y Ferreira, 2007).

4.8 Factores que influyen en el rendimiento

4.8.1 Densidad de plantación

Sánchez (2020) menciona que en la actualidad se está eligiendo por densidades más numerosas debido a que la mayor parte de árboles grandes dificultaban el manejo agropecuario, es por esto por lo que se han reducido los marcos de plantación por la facilidad las acciones; para este caso existen tres niveles que dependerán del sistema de producción:

- Nivel 1 extensivo: contas de una densidad menor a las 1250 plantas por hectárea (ha^{-1}), con marcos de plantación en torno a 5x3, 5x2, 4x3, 4x2.
- Nivel 2 semiintensivo: contas de densidades inferiores a 4,000 plantas por ha^{-1} , con marcos de 3x2, 3x1, 2.5x1, esto dependerá del grado de tecnificación y manejo de la plantación.
- Nivel 3 intensivo: Se caracteriza por el cultivo a altas densidades, generalmente en invernaderos o estructuras similares, con una capacidad de hasta 10,000 plantas por hectárea. El marco de plantación en este sistema es de 1.6 x 0.6 metros, lo que permite alcanzar rendimientos elevados.

4.8.2 Coste de la planta

El coste consiste en la diversificación de factores como la variedad, la edad de la planta, el certificado sanitario, el método de propagación, el estado fitosanitario, etc. Todos estos aspectos repercuten finalmente en un mayor o menor gasto para el productor, por lo que éste deberá estar consiente para obtener una planta adecuada para el trasplante en un estado óptimo, con todos

sus requisitos y adquirirla lo más económica posible para disminuir la rentabilidad (Sánchez, 2020).

4.8.3 Zona de producción

No todas las regiones son idóneas para producir de forma óptima. Las zonas donde se pueden obtener mejores resultados estarán amparadas por unas condiciones climáticas favorables, las cuales constara de bajas precipitaciones y humedad relativa, pocas nubes, fuertes vientos, alta luminosidad y libres de heladas, etc. Sin embargo, también es posible producir en zonas altas con presencia de heladas y condiciones más adversas, pero se solicita de la implementación de estructuras defensoras como cubiertas plásticas, así como igual una mejor tecnificación (Sánchez, 2020).

4.9 Principales requerimientos

En general, estas plantas no son excesivamente exigentes, aunque es necesario ajustar ciertos parámetros de su entorno para lograr un desarrollo óptimo y alcanzar el rendimiento deseado. A continuación, se abordarán los aspectos fundamentales respecto a los requerimientos de esta especie vegetal (Sánchez, 2020).

4.9.1 Necesidades climáticas

Parra (2021) menciona que las mejores características climáticas de la higuera son aquellas que reúne las características del mediterráneo las cuales deben tener temperaturas estables todo el año, inviernos benignos y con pocas probabilidades de heladas. Esto debido a que cuyo origen se sitúa en el mar Mediterráneo, aunque de igual manera tiene un amplio rango de temperaturas, pero donde verdaderamente es rentables es en las regiones que presentan climas cálidos y templados del hemisferio norte, entre los 35 y 40 ° de latitud. En el Cuadro 2 se observa valores de temperatura para el crecimiento de *Ficus carica* L (Sánchez, 2020).

Cuadro 2. Valores críticos de temperatura para el crecimiento de***Ficus carica* L.**

Temperaturas	Consecuencias
> 45 ° C	Desarrollo asimétrico de las fases vegetativas.
> 37.7 ° C	Pérdida prematura de los frutos
< 25 ° C	Tardanza de la maduración
< - 7 ° C	Caída de los frutos
< - 12.2 ° C	Caída por helada

Fuente: Sánchez (2020).

4.9.2 Suelo

La topografía del suelo deberá ser con una ligera inclinación con textura franco arcilloso, un buen drenado y permeables ya que son los más recomendados para el cultivo de higo por su susceptibilidad a las enfermedades de la raíz, aunque se puede adaptar a suelos pedregosos, semiáridos y tolerante a las sales, para adquirir frutos de calidad se recomienda superficies sin escasez de calcio (Tomalá y Ulloa, 2015).

4.9.3 Humedad, pH y CE

Evitarse los terrenos con dificultades de humedad o desagüe, al igual que el pH, aunque es tolerante a suelos alcalinos y la conductividad eléctrica de hasta $3.7 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ en el suelo, esto suele ser parecido con el agua de (Hidroenv, 2022).

4.10 Inducción de Floración

El proceso de inducción de floración (IF) marca el inicio del cambio en las yemas, pero estas posteriormente sufren alteraciones morfológicas externas conocidas como diferenciación floral (DF). Aunque la IF y la DF son dos etapas distintas, comparten ciertos aspectos en común, ya que ambos procesos pueden ser favorecidos o inhibidos por factores específicos. Un ejemplo claro de esto es la remoción de frutos y hojas: si la remoción de frutos se realiza de manera temprana, se estimula la formación de yemas florales, mientras que la remoción de hojas antes de la iniciación floral tiene el efecto contrario, inhibiendo el proceso (Intagri, 2024).

La inducción de floración está regulada por una serie de factores que pueden influir de manera positiva o negativa en este proceso, ya sea induciendo o inhibiendo la floración. Algunos de estos factores son:

- Contenido de carbohidratos
- Condiciones ambientales
- Luz
- Influencia del nitrógeno
- Suministro de agua
- Fitohormonas
- Manejo de la planta (como podas y raleos de frutos)

(Intagri, 2024).

4.11 Uso de nitrato de potasio en la inducción floral

Rodríguez (2004) menciona que la aplicación de nitrato de potasio (KNO_3) se usó por primera en Filipinas en el año 1970 para la inducción de floración en el cultivo de mango, con aspersiones al 1 % en solución acuosa los cuales produjeron un 98 % de árboles florecidos el cual para el mismo año el 90 % de los árboles de la región no florecieron, mientras cuanto al tamaño del fruto, días a maduración, % de amarre y expresión de sexo no existió diferencia entre arboles tratados y no tratados. Actualmente, en Filipinas se ha generalizado el uso comercial de KNO_3 para prevenir el comportamiento alternante en los mangos. En México, se han realizado varios estudios con KNO_3 en estados como Michoacán, Sinaloa, Veracruz, Jalisco, Chiapas y

Colima. En estos estudios se evaluaron distintas concentraciones de KNO_3 , tales como 2, 4, 6 y 8 %, obteniendo respuestas muy positivas en comparación con los árboles no tratados. Sin embargo, se observó que las concentraciones de 6 y 8 % causan fitotoxicidad foliar, aunque sin afectar la producción.

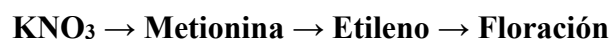
4.11.1 Efectos fisiológicos del nitrato de potasio

Rodríguez (2004) señala los efectos más importantes del uso de nitrato de potasio, que son los siguientes:

- El nitrato de potasio favorece la floración en el mango, al igual que en otros frutales caducifolios.
- Estimula la absorción de nitratos por parte de la planta.
- Participa en una variedad de funciones fisiológicas, tales como la germinación de semillas, el rebrote de yemas, la respiración de la planta y la síntesis de ácido giberélico.

4.11.2 Modo de acción

Según Rodríguez (2004), cuando las plantas son rociadas con nitrato de potasio, se acelera la formación de la reductasa de nitrato, una enzima que las plantas producen en respuesta a la presencia de nitratos. El producto intermedio de este proceso, la metionina, es el precursor del etileno, una hormona que, a su vez, estimula la floración. La actividad de la reductasa de nitratos sigue el siguiente proceso:



V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

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



Figura 1. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Fuente Earth.google.com

5.2 Material vegetativo

El material vegetal utilizado fue vitroplantas obtenidas en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la misma Facultad, las cuales tenían tres años de edad y pertenecen a la variedad "Brown Turkey", reconocida por su alto potencial económico y capacidad de adaptarse a un sistema de producción intensivo. Estas plantas se establecieron en abril de 2021, en suelo, bajo condiciones de invernadero y riego por goteo. El arreglo de plantación sigue un sistema intensivo, con un distanciamiento de 0.60 m entre plantas y 1.20 m entre hileras.

5.3 Establecimiento

Se proporcionó a las plantas el manejo adecuado para su desarrollo. En febrero, se llevó a cabo la poda, eliminando las ramas productivas del año anterior con el objetivo de fomentar la generación de nuevos tallos. De estos nuevos tallos, se seleccionaron seis para el ciclo siguiente, eliminando los brotes basales o laterales durante su crecimiento.

Para la nutrición de las plantas se perpetró una fertilización inicial con 100 g de una formula 18-46-00, para después proporcionar la siguiente formulación en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de 940 de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 200 de KNO_3 , 340 de K_2SO_4 , 55 de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 490 de MgSO_4 , 15 de FeSO_4 , 4 de MnSO_4 , 4.5 de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 0.4 de CuSO_4 , 0.4 de ZnSO_4 , ajustando el pH a 5.6. Además de dos aplicaciones de 1 kg de lombricomposta por cada ciclo.

5.4 Control de plagas y enfermedades

Para el control de esto se hicieron aplicaciones de agroquímicos dependiendo la razón y la incidencia de estos sobre el cultivo. Para complementar un buen manejo fitosanitario se monitorearon las plantas para identificar si había incidencia de enfermedades que impidieran el óptimo desarrollo.

5.5 Conducción del experimento

Para inducir y uniformizar la formación de inflorescencias e infrutescencias, a las vitroplantas se les realizaron cinco aplicaciones de nitrato de potasio con una periodicidad de 15 días a partir de que los tallos tuvieron de 30 a 40 cm de longitud en un 80 % de las ramas y se identificaran las primeras yemas.

5.6 Diseño de tratamientos

Para la inducción se utilizaron cuatro tratamientos que se describen en el cuadro 3. El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió en una planta.

Cuadro 3. Dosis de aplicación de nitrato de potasio.

Tratamiento	Concentración KNO₃(g·L⁻¹)
Testigo (1)	0
2	10
3	30
4	50

5.7 Variables evaluadas

Las variables que se registraron después de iniciados los tratamientos se describen a continuación:

- **Longitud de la rama (cm).** Con una cinta métrica se midieron las 6 ramas productivas de cada planta, en periodos de 15 días hasta 9 mediciones.
- **Diámetro basal (mm).** Mediante un vernier digital marca Truper se midieron las 6 ramas en la parte basal de cada una de las plantas, con una periodicidad de 15 días hasta 9 mediciones.
- **Número de hojas por tallos.** Se contó el número de hojas producidas por cada tallo productivo, con una frecuencia de 15 días hasta 9 mediciones.
- **Número de infrutescencias.** Las infrutescencias se contabilizaron una vez que la yema fructífera tuviera un tamaño de 1 cm (tamaño canica) esto para tomarlo como un fruto amarrado.
- **Diámetro polar y ecuatorial de la infrutescencia (mm) durante su desarrollo.** Se seleccionaron dos frutos, la medición de estos frutos se realizó una vez que se tomó como fruto amarrado (tamaño canica), con un periodo de 1 semana hasta su maduración con ayuda de un Vernier digital marca Truper.
- **Diámetro final polar y ecuatorial de las infrutescencias (mm).** De los dos frutos ya mencionados para la comparación entre tratamientos.
- **Peso fresco de la infrutescencia (g).** Una vez maduras las infrutescencias se pesaron con una báscula digital Balbo-100g Rhino.

- **Peso seco de la infrutescencia.** Una vez determinado el peso fresco de las infrutescencias, se llevaron a una estufa de secado durante 72 horas a una temperatura de 80 °C para su secado y se pesaron nuevamente.
- **Amarre y Maduración del primer sicono.** Se registró el número de días desde la fecha de poda hasta amarre y maduración de los siconos.

5.8 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos en cada variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Evaluación de longitud de tallo

En el cuadro 4, se presentan los resultados del análisis de varianza para la respuesta de vitroplantas de higo con 5 aplicaciones foliares de nitrato de potasio (KNO_3) en diferentes dosis, sobre el crecimiento de ramas productivas. De acuerdo a los resultados no se encontraron diferencias significativas en las nueve fechas de medición después de la poda para la variable longitud.

El uso nitrógeno tiene un gran impacto en el crecimiento de las plantas (Zandstra y Liptay, 1999) el cual se absorbe principalmente en nitrato (NO_3) (Salsac *et al.*, 1987). Por otro lado, el uso del potasio es crucial para el crecimiento vegetativo, ya que es un macronutriente que regula la presión osmótica y desempeña un papel indispensable en los procesos metabólicos de las plantas, como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la producción de carbohidratos (Quiñones *et al.*, 2015). Rodríguez *et al.*, (2016) sugiere que al utilizar vitroplantas de piña y con manejos agronómicos adecuados puede presentar un mayor desarrollo para la variable de longitud de planta.

Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de crecimiento vegetativo de plantas de higo.

F.V.	TRAT.	ERROR	TOTAL
G.L.	3	12	15
L1	2.545ns	114.980	
L2	28.285ns	253.384	
L3	70.970ns	326.919	
L4	143.530ns	369.507	
L5	286.279ns	498.499	
L6	688.026ns	785.839	
L7	1034.365ns	989.726	
L8	1188.305ns	1259.397	
L9	1682.625ns	1769.511	

F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variable; L= longitud de Tallo; ** altamente significativo con $P \leq 0.01$. * significativo con $P \leq 0.05$ y NS= no significativo.

En la figura 2 se observa la dinámica de crecimiento de las vitroplantas de higo de la variedad “Brown Turkey” para los diferentes tratamientos y sus respectivos días después de la poda. Estadísticamente no se muestra diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, sin embargo, los tratamientos 1 y 4 fueron los que presentaron una mayor longitud a partir de los 57 días después de la poda, llegando a una longitud final de 148.2 y 147.92 cm, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento 3 fue el que presentó un menor crecimiento, con una longitud final de 105.72 cm.

Los resultados encontrados difieren con los reportados por Soza (2022), ya que encontró para vitroplantas de higo de la variedad “Brown Turkey” en macetas de 40 y 50 litros, longitudes promedio de 65.09 y 57.25 cm, 173 días después la poda. Por otro lado, Muñoz *et al.*, (2015) en higueras en condiciones de macro túneles en una densidad de plantación de 8, 800 plantas/ha⁻¹ obtuvo una longitud promedio final de rama de 81.6 cm. La densidad de plantación tiene efectos sobre el tamaño de las plantas como lo menciona Escorcía (2017) al tener una densidad de población de 13, 333 plantas/ha⁻¹ obtuvo longitudes de 96 cm a los 196 días después de la poda, lo que difiere a lo encontrado en esta investigación ya que los valores más bajos encontrados fueron para los tratamientos 3 y 2 con longitudes de 105.7 y 124.5 cm por lo que el KNO₃ tiene un efecto positivo en la longitud del higo, respectivamente.

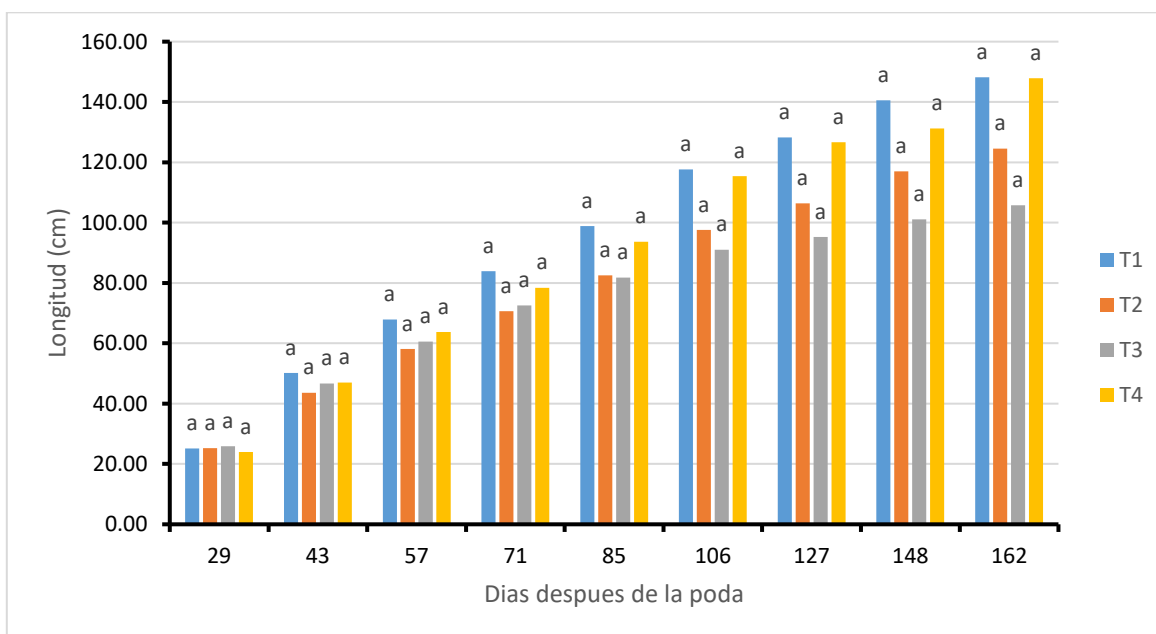


Figura 2. Dinámica de crecimiento vegetativo de vitroplantas de higo en condiciones de invernadero.

Barras con letras distintas, indican que las medias difieren significativamente según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

6.2 Evaluación de diámetro basal

En el cuadro 5, se presentan los resultados de análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de vitroplantas con 5 aplicaciones foliares de nitrato de potasio (KNO_3). Se observa que no hay diferencias significativas en las nueve fechas de medición después de la poda.

Cuadro 5. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de diámetro basal de plantas de higo.

F.V.	TRAT.	ERROR	TOTAL
G.L.	3	12	15
D1	0.226ns	2.436	
D2	0.0964ns	2.490	
D3	0.426ns	3.146	
D4	1.030ns	3.572	
D5	0.975ns	4.088	
D6	3.090ns	5.425	
D7	5.344ns	6.190	
D8	7.298ns	7.625	
D9	9.221ns	9.664	

F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variable; D= diámetro basal de Tallo; ** altamente significativo con $P \leq 0.01$. * significativo con $P \leq 0.05$ y NS= no significativo.

En la figura 3 se observa la cinética del desarrollo del diámetro basal de las vitroplantas de higo variedad “Brown Turkey” en sus diferentes tratamientos con sus respectivos días después de la poda, se puede observar que estadísticamente no existe una significancia entre ellos, el tratamiento 4 a partir del día 57 mostró un mayor diámetro con respecto a los demás tratamientos y así mismo para las siguientes fechas de medición alcanzando un diámetro de 17.3 mm. El tratamiento 3 fue el que presentó un menor desarrollo de los tallos productivos en comparación

con el resto de los tratamientos, teniendo un diámetro promedio al final de la evaluación de 13.79 mm. Los resultados encontrados difieren con los reportados por Muñoz *et al.*, (2015) en higueras en condiciones de macrotúneles en una densidad de plantación de 8, 800 plantas/ha⁻¹ obtuvo un diámetro promedio final de rama de 13.1 mm. Lo que difiere a lo encontrado en esta investigación ya que los valores más bajos encontrados con las aplicaciones de KNO₃ fueron para los tratamientos 3 y 2 con diámetros de 13.79 y 16.45 mm, ya que para el tratamiento 1 son similares por lo que el KNO₃ tiene un efecto positivo en el diámetro basal del higo, respectivamente. Dichas diferencias pueden deberse a que el nivel de adaptación de las variedades de higo a las condiciones ambientales del cultivo no es el mismo, como se menciona (Al-Zalzaleh y Decruz, 2018).

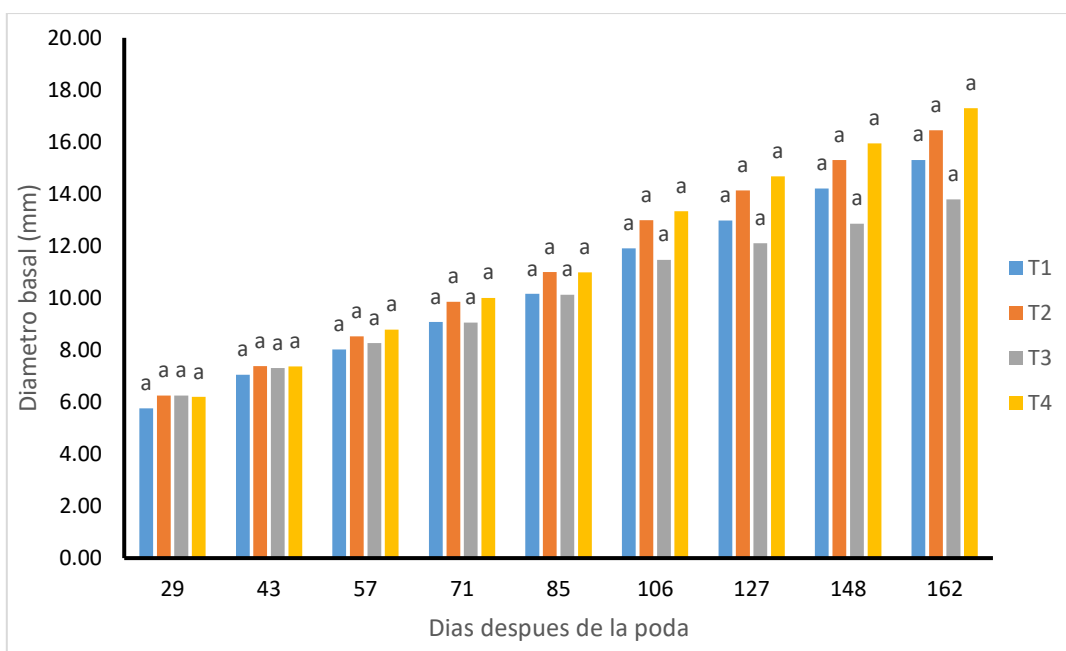


Figura 3. Cinética del crecimiento del diámetro basal de vitroplantas de higo en condiciones de invernadero.

Barras con letras distintas, indican que las medias difieren significativamente según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

6.3 Evaluación del conteo de número de hojas

En el cuadro 6, se presentan los resultados de análisis de varianza para la respuesta de vitroplantas de higo con cinco aplicaciones foliares de nitrato de potasio KNO_3 en diferentes dosis para la variable número de hojas. De acuerdo a los resultados no se encontraron diferencias significativas en las nueve fechas de medición después de la poda.

Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significancia en nueve fechas de evaluación de numero de hoja de plantas de higo.

F.V.	TRAT.	ERROR	TOTAL
G.L.	3	12	15
H1	0.261ns	2.253	
H2	0.499ns	3.635	
H3	1.255ns	4.772	
H4	2.266ns	4.189	
H5	5.418ns	5.394	
H6	15.469ns	9.420	
H7	26.315ns	14.828	
H8	32.800ns	21.392	
H9	41.533ns	28.722	

F. V Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad. Variable; H= hojas por Tallo; ** altamente significativo con $P \leq 0.01$. * significativo con $P \leq 0.05$ y NS= no significativo.

En la figura 4 se observa la dinámica de la formación de hojas por rama productiva entre tratamientos, aunque no existe estadísticamente una significancia entre estos, los tratamientos 1 y 4, fueron los que presentaron mayores valores para esta variable, a partir de los 71 días de evaluación. Llegando a formar un promedio de 28.29 y 29.71 de hojas por rama productiva, respectivamente.

Los resultados encontrados difieren con los reportados por Escorcía (2017) obtuvo bajo un sistema intensivo en plantas de higo un total de hojas de 18 por rama productiva. Lo que difiere a lo encontrado en esta investigación ya que los valores más bajos encontrados con las aplicaciones de KNO_3 fueron para los tratamientos 3 y 2 con un promedio de hojas de 22.5 y

25.21, por lo que el KNO_3 tiene un efecto positivo en el aumento de numero de hojas del higo, respectivamente. Las características morfológicas determinan el número de hojas en las plantas de higo, así como igual la interacción del genotipo y circunstancias ecológicas (Simsek, 2009).

La duración del ciclo vegetativo y el mayor tiempo de exposición del área foliar influyen en la acumulación de materia seca, lo que asegura un mayor rendimiento (Hernández *et al.*, 2010).

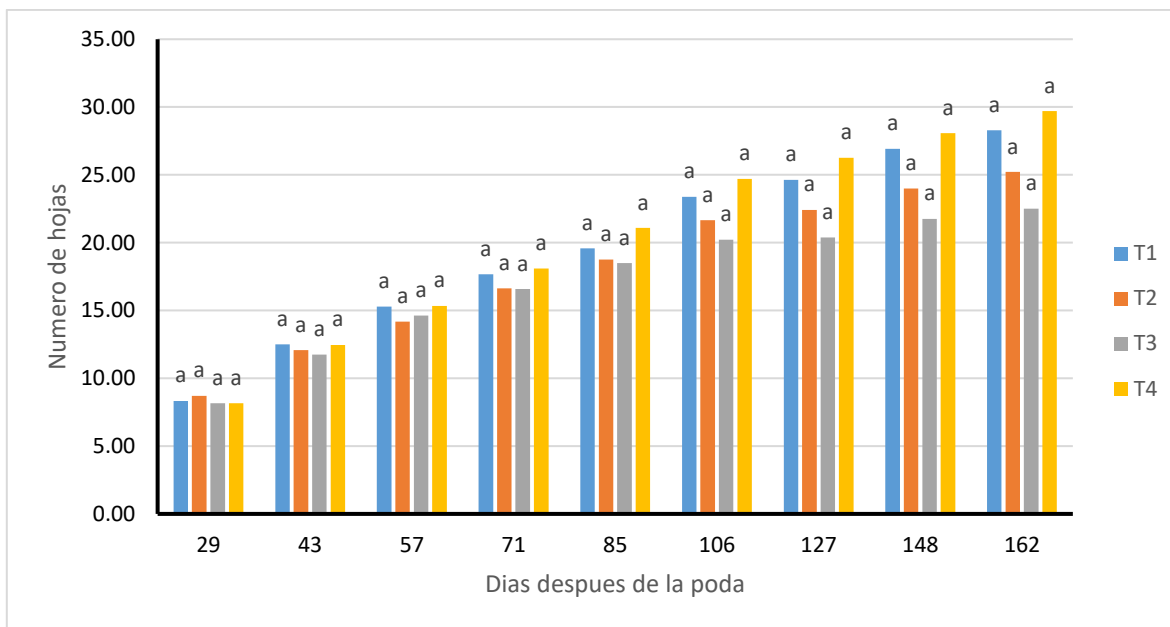


Figura 4. Dinámica del número de hojas por rama en plantas de higo en condiciones de invernadero.

Barras con letras distintas, indican que las medias difieren significativamente según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

6.4 Efecto de la aplicación de KNO₃ sobre variables de infrutescencias

En el cuadro 7 se muestra los análisis de varianza de la repuesta de los cuatro tratamientos en las variables: número de infrutescencias, diámetro polar y ecuatorial, peso fresco y en seco de fruto. Se observa que las variables número de infrutescencias, diámetro polar presentaron, días de amarre y días a maduración hay diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mientras que para las variables diámetro ecuatorial y peso fresco se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Por último, para la variable peso seco no se encontraron diferencias significativas.

Cuadrado 7. Cuadrados medios de las variables de desarrollo de infrutescencias para diferentes dosis de KNO₃ de los cuatro tratamientos.

F.V.	TRAT.	ERROR	TOTAL
G.L.	3	12	15
NF	5.180**	0.406	
DP	85.256**	10.805	
DE	21.937*	3.858	
PF	84.573*	23.328	
PS	0.978ns	0.720	
DA	3856.16**	51.29	
DM	2224.56**	31.479	

F. V=Fuentes de variación; G. L= Grados de libertad; NF= Número de infrutescencias; DP= Diámetro polar de la infrutescencia; DE= Diámetro ecuatorial de la infrutescencia; PF= Peso fresco de la infrutescencia; PS= Peso seco; DA= Días a amarre de la infrutescencia; DM= Días a madurez fisiológica de la infrutescencia; ** altamente significativo con $P \leq 0.01$. * significativo con $P \leq 0.05$ y NS= no significativo.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de las variables de desarrollo de infrutescencias para diferentes dosis de KNO₃.

TRATAMIENTO		1	2	3	4	DMSH	C.V
NF		13.00 a	1.00 c	2.00 bc	6.00 ab	1.33	28.58
DP	mm	51.24 b	61.15 a	56.80 ab	51.97 b	6.90	5.94
DE		45.48 b	49.84 a	50.85 a	48.26 ab	4.12	4.04
PF	g	54.30 b	65.14 a	62.23 ab	59.77 ab	10.13	8.00
PS		6.66 a	7.81 a	7.46 a	7.54 a	1.78	11.51
DA	día	99.75 c	155 a	85c	128.25 b	15.035	4.198
DM		184.25 c	227 a	173 c	202.5 b	11.778	4.198

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; C.V: coeficiente de variación; 1= Tratamiento 1 (testigo); 2= Tratamiento 2 (10 g·L⁻¹); 3= Tratamiento 3 (30 g·L⁻¹); 4= Tratamiento 4 (50 g·L⁻¹); NF= Número de infrutescencias; DP= Diámetro polar de la infrutescencia; DE= Diámetro ecuatorial de la infrutescencia; PF= Peso fresco de la infrutescencia; PS= Peso seco; DA= Días a amarre de la infrutescencia; DM= Días a madurez fisiológica de la infrutescencia, † Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey P≤ 0.05).

Se puede observar que el tratamiento testigo (T1) fue el que presentó un mayor número de infrutescencias promedio con 13 frutos, mientras que el tratamiento 2 no presentó ninguna respuesta al desarrollar una infrutescencia en promedio. Los tratamientos 3 donde se aplicó una concentración de 30 g·L⁻¹ de KNO₃ y el tratamiento 4 con una concentración de 50 g·L⁻¹, presentaron un promedio de 2 y 6 infrutescencias, respectivamente.

Con respecto a las variables diámetro polar y ecuatorial, los tratamientos 1 y 4 fueron los que presentaron infrutescencias de menor tamaño, con 51.24 y 51.97 mm de diámetro polar, respectivamente 45.48 y 48.26 mm de diámetro ecuatorial. Por otro lado, el tratamiento 2 fue el que presento un mayor tamaño de infrutescencias con 61.15 mm de diámetro polar y 49.84 mm de diámetro ecuatorial. Seguido del tratamiento 3 con valores de 56.80 y 50.85, respectivamente.

De igual manera se puede observar para la variable peso fresco, que los tratamientos 3 y 2 fueron los que tuvieron infrutescencias de mayor tamaño con pesos de 62.23 y 62.14 g, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos 1 y 4 tuvieron infrutescencias de menor peso, 54.30 y 59.77 g, respectivamente. Cabe mencionar que este efecto se debe principalmente a que

las infrutescencias de los tratamientos 2 y 3 tuvieron una menor competencia, al desarrollar un menor número de las mismas.

Con respecto a las variables de días de amarre y maduración, los tratamientos 1 y 3 fueron los que presentaron una similitud con valores de 99.75 y 85 para días de amarre, 184.25 y 173 respecto a días de maduración. Los tratamientos 2 y 4 difieren entre ellos mismos con valores de 155 y 128.25 para días de amarre, 227 y 202.5 para días de maduración.

Existe poca información sobre aplicaciones foliares de KNO_3 en higo, que evalúen su respuesta en la formación de infrutescencias. Sin embargo, se han reportado aplicaciones de KNO_3 como promotor para la formación de flores y frutos en otras especies frutales. Sergeant *et al.* (2000) reportó en el cultivo de mango que al realizar tres aspersiones de ($60 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) de KNO_3 se observa una tendencia a la floración a los 130 días después de la aplicación, fortaleciendo la inducción de floración al compararlo con los demás tratamientos, esto debido a la asociación de producción de etileno, originada a partir de la síntesis de metionina, se ve favorecida por una mayor actividad de la enzima nitrato reductasa, por lo que el KNO_3 puede contribuir a este efecto. Posiblemente, un efecto estimulante del KNO_3 sobre la formación de flores, pudo haber sido inhibida debido a las altas concentraciones de nitrógeno ya que pueden disolver el fósforo produciendo un menor porcentaje de floración (Feucht, 1982).

Los resultados encontrados se asemejan con los reportados por Soberanes (2018) al aplicar bioactivadores (ácido glutámico, tiamina, TDZ, triptofano) en higo variete de la variedad “Netzahualcóyotl” obtuvo pesos de fruto en fresco de 57 y 60 g, lo que se asemejan a lo encontrado en esta investigación ya que el valor encontrado del tratamiento 4 fue de 59.77 g por lo que está dentro de los datos de este autor, por otro lado los tratamientos 2 y 3 difiere ya que obtuvieron infrutescencias con un promedio de 65.14 y 62.23 g, respectivamente; esto probablemente se atribuye al efecto de competencia ya que estos tratamientos presentaron menor número de frutos.

Los resultados encontrados difieren con los reportados por Bandala (2022) donde obtuvo para la variable de peso seco de fruto en la variedad de higo “Brown Tukey” un peso promedio de 5.86 g, lo que se difieren a los encontrados en esta investigación por los tratamientos 2, 3 y 4 que presentaron pesos de 7.81, 7.46 y 7.54 g, respectivamente. Por lo que al utilizar el KNO_3 es fundamental para aumentar la acumulación de biomasa debido a la expansión celular (Agustí, 2008).

6.5 Diámetro polar de infrutescencias durante su desarrollo

En la figura 5 se observa el desarrollo promedio continuo de las infrutescencias de cada tratamiento durante las 13 semanas que tardó su desarrollo total aproximado, el cual la primera semana se relacionó con el amarre de infrutescencia teniendo un tamaño canica (10 mm) y la semana 13 está relacionada a cuando la infrutescencia alcanza su madurez total siendo esta su última medición de su desarrollo.

El crecimiento de higo “Brown Turkey” coincide con el crecimiento de higo “Netzahualcóyotl” el cual cuentan con una curva doble sigmoide reportada para este frutal, el cual comprende de tres fases (Crisosto *et al.*, 2010); fase de división celular (1), fase de transición (2) y la fase de expansión celular (3) (Rosianski *et al.*, 2016), por lo que refleja en esta investigación para todos los tratamientos, el cual a partir de la semana 1 a la semana 4 se encuentra la fase 1 con un crecimiento acelerado para posteriormente entrar a la fase 2 el cual se observa con un desarrollo menor durante las 7 semanas, para volver a tener una activación de crecimiento acelerado a partir de la semana 11 hasta maduración el cual sería la fase 3.

Como se observa en la figura 5 los tratamientos que sobresalen con un diámetro polar mayor en su última medición son los tratamientos 1 y 4 con los valores 52.29 y 46.31 mm, mientras que el tratamiento 3 fue el que obtuvo menor valor de diámetro con un de 35.25 mm.

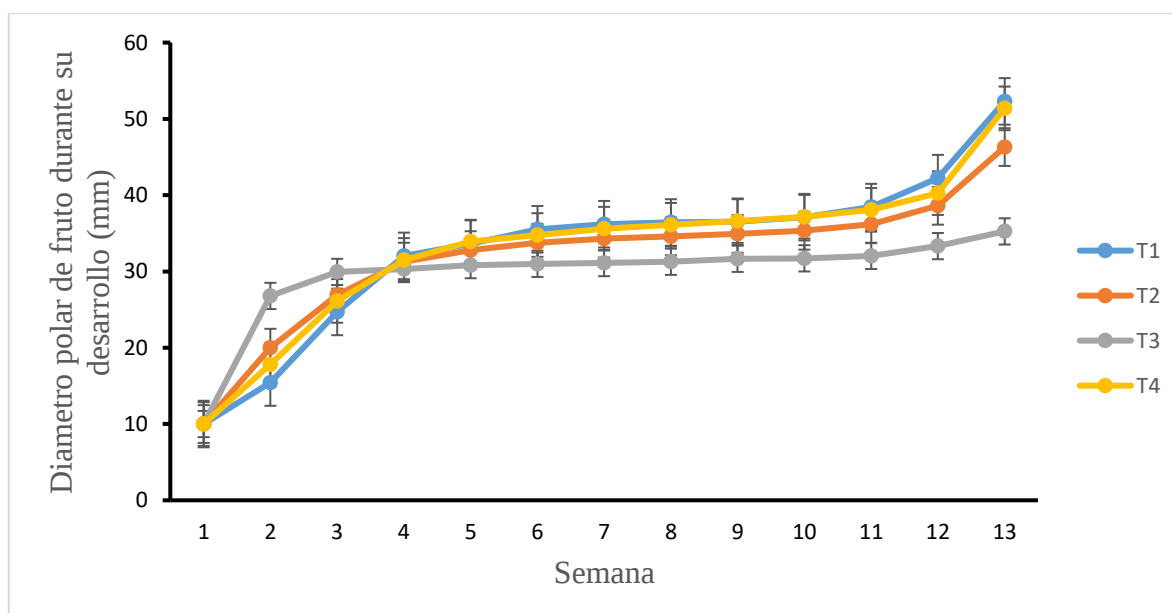


Figura 5. Diámetro polar durante su desarrollo de infrutescencias.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que la aplicación de nitrato de potasio no influyo en la formación de infrutescencias de en vitroplantas de higo de la variedad 'Brown Turkey', sin embargo, se encontró en la aplicación de $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de KNO_3 presento un mayor desarrollo de infrutescencias en vitroplantas de higo, a comparación de las dosis más bajas (10 y $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), por otra parte para las dosis bajas de nitrato de potasio tuvo un aumento el crecimiento de las infrutescencias en vitroplantas de higo, así mismo en sus pesos en fresco y seco.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que la aplicación de nitrato de potasio no influyo en el crecimiento vegetativo al compararlo con el testigo en la variedad "Brown Turkey" de vitroplantas de higo, sin embargo, la aplicación de $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de KNO_3 presentó para las variables de longitud, diámetro basal y numero de hojas mayor respuesta al compararlo con las dosis más bajas (10 y $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

VIII. LITERATURA CITADA

- Agrocapital. 2021. Higo, una deliciosa opción para cultivar. CIMMYT DESARROLLO ESTRATEGICO. En línea: <https://idp.cimmyt.org/higo-una-deliciosa-opcion-para-cultivar/>. Consultado: 11/09/2024.
- Agustí M. 2008. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Al-Zalzaleh A. H. y G. Dcruz. 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.
- Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. (2024). SIAP. Consultado (17 de septiembre de 2024). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Arshad M.; Frankenberger W.T. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil* 133: 1-8.
- Bandala D, I. 2022. Desarrollo fenológico de cinco variedades de higo (*Ficus carica* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. En línea: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18802>. Consultado: 11/09/2024.
- Bhatt D. 2021. Commercial Micropropagation of Some Economically important Crops. *In: Agricultural Biotechnology: Latest Research and Trends*. Kumar Srivastava, D., A. Kumar Thakur, P. Kumar. (eds) Springer, Singapore. 726 p.
- Crisosto C. H.; V Bremer, L.; Ferguson and G. M. Crisosto. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience* 45: 707-710.
- Demilaray A.; Yalçin-Mendi Y.; Aka-Kaçar Y.; Çetiner S. 1998. In vitro propagation of *Ficus carica* L. var. Bursa Siyahi through meristem culture. *Acta Hort.* 480: 165-167.

- du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196:3-14.
- Echeverría A y Zapata O. 2020. Aplicaciones de nitrato de potasio cristalizado y citoquininas en la inducción floral del cultivo de mango (*Mangifera indica*) variedad Kent. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote. Perú.
- 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). 2019. Producción mundial de cultivos. En línea: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Consultado: (15/ 08/ 2023).
- Fernández J. I. 2016. Caracterización química y morfológica de ocho ecotipos de higo (*Ficus carica* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México. 62 p.
- Feucht W. 1982. Das Obstgehölz. Stuttgart: Eugen Ulmer 256p
- 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.
- García S. F. 2011. Cultivos de uso recreativo adaptado a colectivos con discapacidad. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Gandía. España pp: 72- 78.
- Hanelt P.; Buttner R.; Mansfeld R. 2001. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops. Berlin, Germany. pp 102-104.

- 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.
- Hidroenv. 2022. Agua. En línea: www.hidroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=. Consultado: 08/2024.
- Intagri. 2024. Factores que intervienen en la inducción floral en frutales caducifolios. Intagri.com. En línea: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/factores-en-la-induccion-floral-en-frutales-caducifolios>. Consultado: 6/11/2024.
- Lema L. 2011. Evaluación de la eficacia de seis enraizantes en la propagación por esquejes de tres cultivares de *Hypericum* (*Hypericum* sp.). Tesis de Licenciatura. Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 91 p.
- Macías R. H.; M. M. Villa C.; A. Muñoz V.; M. A. Velásquez V.; M. Rivera G. y M. C. Potisek T. 2013 Enraizamiento y brotación de vareta de higuera en contenedores de plástico cerrados: resultados preliminares. AGROFAZ 13:37-44.
- Melgarejo M. P. 1999. Frutales de zonas áridas: El cultivo de la higuera (*Ficus carica* L.). Ediciones Madrid Vicente. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Mendoza R.J. L. 2019. Efecto de tres dosis de ROOT-HOR en el enraizamiento de estacas de higo (*Ficus carica*) en condiciones de vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad del Santa, Chibote, Peru. 70 p.
- Morocho G. 2015. Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (AIB), y ácido naftalenacético (ANA) en diferentes concentraciones en ventanas. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 59 p.

- Muñoz V. J. A.; M. Palomo R.; H. Macías R.; M. Rivera G. y G. Esquivel A. 2015. Dinámica del crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-túneles. AGROFAZ 15:133-141.
- Núñez-Elisea, R. 1985. Flowering and fruit set of a monoembryonic and polyembryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. Proceedings of the Florida State Horticulture Society. 98: 179-183.
- Parra L.J. 1996. Estudio Fenológico de un Huerto de Higuera (*Ficus carica* L.) en el Ejido Francisco Villa, Municipio de Comundu, Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. 102 p.
- Parra O. E. 2021. Zonificación agroclimática de higo (*Ficus carica* L.), en los estados de Jalisco y Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/14460>
- Pasqual M.; Ferreira E.A. 2007. Micropropagation of Fig Tree (*Ficus carica* sp). In: Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits. Jain, S.M., Häggman, H. (eds). Springer, Dordrecht. pp: 409-416.
- 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.
- Peter C. Andersen, Ali Sarkhosh, Dustin Huff, Jacque Breman, The Muscadine Grape (*Vitis rotundifolia* Michx) , EDIS: Vol. 2020 No. 6
- Quiñones A.; Alcayde E.; Fontanilla-Puerto J. M. 2015. Efecto de diferentes aportes de potasio vía foliar sobre la producción, calidad y estado nutritivo de plantas de Clementina de Nules. Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos 426: 95-101.
- Reddy S.E.; Majmudar A.M. 1985. Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. Fertilizer Research. 6 225-234.

- Rodríguez M. 2004. Influencia de algunos factores climáticos y efecto de la fertilización sobre el cuajado y partenocarpia del fruto del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en la altiplanicie de Maracaibo. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 102 p.
- Rodríguez R.; R. Becquer; Y. Pino; D. López; R. Rodríguez; G. Lorente; R. Izquierdo y J. González. 2016. Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) MD-2 a partir de vitroplantas. Cultivos Tropicales 37(1):40-48.
- Rosianski Y.; Z. E. Freiman S. C. Milo; Z. Yablovitz; Z. Kerem and M. A Flaisman. 2016. Advanced análisis of developmental and ripening characteristics of pollinated common-type fig (*Ficus carica* L.). Scientia Horticulturae 198: 98-106.
- Salsac L.; S. Chaillou; S. F. Morot-Gaudry; C. Lesaint and E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiol. Biochem. 25: 805-812.
- Sánchez S. J. 2020. Cultivo del higo en México. RevistainfoAgro 28: 15-23.
- Sergent E.; Leal F. y Áñez M. 2000. aplicaciones de tiosulfato de potasio, urea y nitrato de potasio sobre el crecimiento vegetativo y floral en mango 'haden'. Acta Hortic. 509: 653-660
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2024. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado: 18/09/2024.
- Simsek M. 2009. Evaluation of selected fig genotypes from South east Turkey. African Journal of Bitechology 8(19): 4969-4976.
- Soberanes P.A. 2018. Aplicación de bioactivadores en la producción forzada de higo. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduado. Campus Montecillo.
- Soza G. I. 2022. Crecimiento y desarrollo de vitroplantas de higo (*Ficus carica* L.) bajo invernadero. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. En línea: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/17726>. Consultado: 15/10/2024.

- Tomalá G. y Ulloa D. 2015. Estudio de factibilidad para la creación de un centro de producción y comercialización de un producto hecho a base de Higo (*Ficus carica*) en la ciudad de Guayaquil. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 162 p.
- Vázquez-Yanes C.; A. I. Batis Muñoz; M. I. Alcocer Silva; M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Yuri J.A.; Lobos G.; Lepe V. 2002. Inducción floral. Pomáceas boletín técnico. En línea: [http:// pomaceas.utalca.cl](http://pomaceas.utalca.cl). Consultado: 23/08/2024.
- Zandstra J. W.; and A. Liptay. 1999. Nutritional effects on transplant root and shoot growth. A review. Acta Hortic. 504: 23-32.



Oficio No. FCAyP/841/2024

Oscar Bello Roque
Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Luis Antonio Domínguez Perales (**Director de Tesis**), Dra. Blanca Berenice Flores Espinosa (**Codirectora**), Dr. Sigfrido David Morales Fernández (**Asesor**) y Dra. Carmela Hernández Domínguez (**Asesora**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

“Inducción de infrutescencias de vitroplantas de higo, mediante la aplicación de nitrato de potasio”

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, Teztlutlán, Pue., a 28 de Noviembre de 2024.

Dr. Armando Ibáñez Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias.



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