

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Giberelinas ^{4/7} sobre el Crecimiento y Desarrollo en Plántulas

de Papaya Maradol (*Carica papaya* L.)

Por:

KARLA DANIELA AGÚNDEZ BARRANCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Giberelinas 47 sobre el Crecimiento y Desarrollo en Plántulas de
Papaya Maradol (*Carica papaya* L.)

Por:

KARLA DANIELA AGUNDEZ BARRANCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría

Dr. Homero Ramirez Rodríguez

Asesor Principal

Dr. Victor Manuel Reyes Salas

Coasesor

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor

Dr. Alberto Sandoval

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2025

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, junio 2025.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Efecto de Giberelinas 4/7 sobre el Crecimiento y Desarrollo en Plántulas de Papaya Maradol (Carica papaya L.)**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o no se respetaron los derechos de autor, este será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar, quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a aprobación de estudio, ni a nuevo envío.

Karla Daniela Agúndez Barranco

Nombre.



Firma.

AGRADECIMIENTOS:

Deuteronomio 8:18

Más bien acuérdate de Yahvé, tu Dios, que te dio fuerzas para conseguir este bienestar, cumpliendo así la alianza que bajo juramento prometió a tus padres, como este día sucede

A Dios por su guía, fortaleza y bendiciones a lo largo de mi viaje académico. Su presencia constante y su amor incondicional han sido mi refugio en momentos de dificultad y mi fuente de inspiración en cada etapa de la carrera.

A mi alma mater; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Agradezco a esta institución por su compromiso con la educación de calidad, por proporcionarme los recursos necesarios y por fomentar un ambiente académico enriquecedor.

A mi familia

A mis padres: Araceli Barranco Contreras y Humberto Agúndez Sánchez, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido fundamentales en mi camino y en esta etapa de mi vida. Gracias por creer en mí, por alentarme en cada paso del camino y por brindarme las oportunidades y recursos necesarios para alcanzar mis metas académicas.

A mis hermanos: Juan Carlos Agúndez Barranco y Cesar Manuel Agúndez Barranco. Por su apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria académica. Su aliento, palabras de ánimo y presencia constante han sido una fuente de fuerza y motivación. Agradezco por estar siempre ahí para escucharme, brindarme consejos y celebrar mis logros, saben que el apoyo es mutuo, que al igual siempre estaré para ustedes los quiero mucho.

A mis abuelitos: Francisco Sánchez Mejía (+), Imelda Sánchez, Lidia Sánchez Sánchez, Isaura Contreras, Juan Barranco. por su amor incondicional, sabiduría y apoyo a lo largo de mi vida. Sus historias, consejos y experiencias compartidas han sido una fuente de inspiración constante. Agradezco por su paciencia, por alentarme a seguir adelante y por transmitirme los valores y la importancia del conocimiento.

A mis amigos:

A Karol Anahí Chávez Acevedo: Tu amistad ha sido un regalo invaluable, y agradezco por estar a mi lado en cada paso del camino. Gracias por brindarme tu apoyo emocional, por ser mi confidente y por alentarme a dar lo mejor de mí en cada etapa de esta travesía.

A mis amigos: Giselle Narváez, Fernando Benítez, Rafael, Misael, Baruc, América, Melibeth, mis queridos amigos por su apoyo incondicional y su amistad durante toda la carrera y vida. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, y agradezco por estar a mi lado en cada paso del camino. Gracias por brindarme su apoyo emocional, por animarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada logro alcanzado y por todos los buenos y malos momentos que compartimos, por formar una pequeña familia en la universidad.

A la maestra Norma Eugenia Sánchez: por su dedicación, guía y apoyo a lo largo de esta trayectoria, por ser una mujer admirable. Gracias por ser una mentora excepcional.

Al ingeniero Gerardo Rodríguez Galindo: por el apoyo brindado durante la carrera, por ser un excelente profesor.

Al Ing. Manuel Espinosa Vázquez: por el apoyo brindado al realizar la tesis, por compartir tu tiempo, conocimientos y experiencia, lo cual hizo que superar los desafíos de la investigación y la redacción de la tesis fuera mucho más llevadero. Tu orientación, sugerencias y críticas constructivas fueron esenciales para mejorar la calidad de mi trabajo.

A mi asesor de tesis:

Dr. Homero Ramírez Rodríguez: a mi estimado asesor de tesis por su invaluable orientación, apoyo y dedicación a lo largo de todo este proceso. Su experiencia, conocimiento y asesoramiento han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de esta investigación. Agradezco por su paciencia, por sus valiosos comentarios y por su guía constante. Gracias por creer en mí y por su compromiso inquebrantable con mi crecimiento académico.

DEDICATORIA

A mis padres,
con todo mi amor, respeto y admiración.

Gracias por haberme dado la vida, por criarme con tanto amor y por acompañarme con paciencia y dedicación en cada paso de este largo camino. Su esfuerzo, sacrificio y compromiso han sido una fuente constante de inspiración para mí.

Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, por levantarme cuando sentí que no podía más, y por enseñarme que, con trabajo, humildad y perseverancia, todo es posible.

Esta tesis no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el reflejo de los valores que me inculcaron desde pequeña: la honestidad, la responsabilidad y el deseo constante de superación.

Este logro es tan mío como suyo. A ustedes, que han sido guía, sostén y refugio, les dedico con todo el corazón este esfuerzo, como un humilde agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.

Los amo profundamente.

Araceli Barranco Contreras y Humberto Agúndez Sánchez.

INDICE

AGRADECIMIENTOS:	2
DEDICATORIA	6
RESUMEN.	9
Objetivo general:.....	11
Objetivos.	11
Hipótesis.....	11
Revisión de literatura	12
Origen del cultivo.	12
Clasificación taxonómica de <i>carica papaya</i>	13
Características botánicas.....	13
Semillas.....	13
Sistema radical.	13
Tallo.....	14
Hojas.....	14
Flores.....	14
Fruto	14
Que son las giberelinas.....	15
Tipos de giberelinas.....	15
Giberelinas y su uso en la agricultura	16
Materiales y métodos	16
Localización del Área Experimental	16
Materia vegetal	17
Pre-germinación.....	17
Trasplante.....	17
Diseño experimental	18
Variables evaluadas.....	18
Diámetro	18
Altura.....	18
Numero de hojas.....	19
Largo y ancho de las hojas.....	19
Peso fresco	19
Peso seco.....	19

Resultados y discusión	20
CONCLUSIONES	28

RESUMEN.

Los problemas del desarrollo y crecimiento vegetativo de la plántula de papaya (*Carica papaya*), afecta a no tener una buena plántula con tallo, raíz y hojas vigorosas, por lo cual el objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo de la plántula de papaya (*Carica papaya*) bajo el tratamiento de Giberelina 4/7 para la variedad de papaya Maradol, mismo que se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el departamento de horticultura en Buenavista Saltillo Coahuila; para llevar a cabo el estudio se realizó una pre-germinación en contenedores que llevaban papel, semilla y un poco de agua, generando solo humedad, y posteriormente se trasplanto en contenedores de 250g de semilla red Maradol (ws-0322) de la casa semillera Westar Seeds International, Inc. A los 37 días se aplicó la hormona Giberelina 4/7 en diferentes concentraciones 50,100,150 y 200 ppm de Giberelina 4/7, el manejo pertinente de la plántula se realizó con una única aplicación de tratamiento referidos y por consiguiente se tomaron datos cada tercer día finalizando la última toma de datos a los 26 días posteriores de la única aplicación de Giberelina. El estudio fue establecido bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 1x5. De los resultados obtenidos en esta investigación no se observó ningún efecto significativo entre los tratamientos con las giberelinas aplicadas más sin embargo, se presentaron tendencias con los tratamientos de 100 y 200 ppm, donde se observó un pequeño incremento para el desarrollo del diámetro, de tallo, altura, crecimiento vegetativo, mostrando superioridad al testigo así favoreciendo a las plántulas con las concentraciones más altas de giberelinas para generar plántulas más vigorosas.

Introducción

La papaya Maradol (*Carica papaya* L.) ha emergido como una especie de gran interés en la investigación agrícola y alimentaria debido a sus propiedades nutricionales, beneficios para la salud y su relevancia económica. Originaria de América Central y del Sur, la papaya Maradol, ha conquistado mercados globales gracias a su sabor único, textura jugosa y contenido significativo de nutrientes esenciales. A pesar de su creciente popularidad, hay una necesidad urgente de profundizar en la comprensión de diversos aspectos relacionados con esta fruta, desde su biología y fisiología hasta su manejo agronómico y su impacto en la salud humana. (Díaz 2009).

Estimado de las exportaciones mundiales de papaya de un 1 % en 2022, hasta unas 370 000 toneladas. Se estima que las exportaciones de México, el principal exportador mundial de papayas, alcancen un aumento de aproximadamente el 4 % durante todo el año, debido a una mayor expansión de la producción. (FAO, 2022). Los estados que registraron los mayores incrementos en la producción de papaya durante 2016 fueron Colima, 45.3 por ciento; Michoacán, 35.7 por ciento; Nayarit, 16.3 por ciento; Quintana Roo, 16.1 por ciento, y Tabasco, 14.1 por ciento. A nivel internacional, México ocupa el quinto lugar en producción de papaya, la cual es producida de manera constante durante todo el año. (SIAP, 2016).

Una de las áreas más fascinantes de la agricultura y la biotecnología vegetal es el estudio de cómo las hormonas vegetales pueden influir en el crecimiento, desarrollo y calidad de las plantas cultivadas. En este contexto, la papaya (*Carica papaya*) es una fruta tropical ampliamente valorada por su sabor y beneficios para la salud. El cultivo de la papaya, sin embargo, enfrenta desafíos relacionados con la producción y la calidad de los frutos.

Las giberelinas tuvieron su primera aparición en años cercanos a la década de 1930. Con el paso del tiempo, algunos científicos lograron aislar y caracterizar

diferentes tipos de giberelinas a partir de la filtración y purificación de los metabolitos que fue capaz de producir el hongo *Gibberella fujikuroi*. Además, están involucradas a nivel vegetal en el desarrollo de tejidos cuyo crecimiento es constante, como lo pueden ser la elongación de raíces, hojas jóvenes, floración, entre otros procesos vegetales. (NOVA, 2019).

Las giberelinas A₄ y A₇ son hormonas de crecimiento en plantas de alta eficiencia, y son usadas para mejorar el color rojizo en manzanas, aumentar el rendimiento en peras y en general de frutas, verduras y toda clase de plantas. Son también usadas para aumentar el diámetro y tamaño de las flores y frutos, aumentando su peso, engrosando la cáscara y prolongando la vida en anaquel, inducir el alargamiento, tamaño, sabor y calidad de los frutos y flores. Estimulan la división y elongación celulares que afecta a las hojas, así como los tallos (afectando finalmente al desarrollo de la fruta y fructificación). La aplicación en plantas de AG_{4/7} puede acelerar su maduración fisiológica y germinación de las semillas. Son compuestos naturales y tienen un modo no tóxico de acción en las plantas. (GREEN, 2022).

Objetivo general:

Producir plántula de calidad para la comercialización a base de giberelinas _{4/7}.

Objetivos.

Evaluar la influencia de la hormona GA_{4/7} a diferentes concentraciones sobre características del crecimiento y desarrollo en plántulas.

Hipótesis

Se espera que la aplicación de giberelinas A_{4/7} en plántulas de papaya impulse su crecimiento y desarrollo. Se espera que la giberelinas actúen como un regulador del

crecimiento vegetal, estimulando procesos como la elongación y división celular, así como la síntesis de proteínas, lo que generará una respuesta positiva en las plántulas de papaya al tratamiento.

Revisión de literatura

Origen del cultivo.

La papaya (*Carica papaya*). Originaria de Mesoamérica. Su lugar de origen exacto se desconoce (sur de México, Centroamérica, Costa Rica o noroeste de América del Sur en Brasil). Especie pantropical. En la actualidad la encontramos cultivada en todas las regiones tropicales de América, desde México a Argentina y Brasil; naturalizada en los trópicos del Viejo Mundo. Ampliamente cultivada en Africa y Asia. (CONABIO). (s.f.).

Puede crecer en lomeríos y cañadas. Prospera en toda la tierra caliente en un clima tropical o subtropical, desde el cálido más seco de los subúmedos hasta la variante húmeda del clima subhúmedo. La humedad y el calor son condiciones esenciales para su buen desarrollo y fructificación. La precipitación media es de 1,500 mm anuales y la temperatura media anual de 20 a 25 °C. Desarrolla en diferentes clases de suelo siempre que sean fértiles, blandos, profundos y permeables con un pH de 5.5 a 7. Suelos: sedimentario, café-rocoso, calcáreo, rojizo-no profundo, arenoso-arcilloso, volcánico aluvial.

La papaya (*Carica papaya* L.) es una planta herbácea de rápido crecimiento, originaria de Mesoamérica y América central (Singh *et al.*, 2010), de 2 a 10 m de altura con un diámetro de 6 a 30 cm, la forma de la planta con sus hojas parece a la de una palmera. Se desarrolla en clima tropical o subtropical, desde el cálido más seco hasta el clima subhúmedo (Soriano-Melgar *et al.*, 2016). Se pueden encontrar poblaciones silvestres desde el sur de México hasta Belice y Guatemala (Antunes y Renner, 2012)

Clasificación taxonómica de *carica papaya*.

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Angiospermas)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Orden: Brassicales

Familia: Caricaceae

Género: *Carica*

Especie: *Carica papaya*

Nombre científico: *Carica papaya*

Nombre común: papaya

Características botánicas.

Semillas.

Semillas de 3.7 a 4.5 mm de largo por 2 a 2.8 mm de ancho y 2 a 2.5 mm de grueso, esféricas, cubiertas por una capa mucilaginosa (sarcotesta); endotesta pardo negruzca y arrugada. Endospermo presente. (CONABIO).(S.F).

Sistema radical.

Las raíces de la papaya se encuentran principalmente en la capa superior del suelo. Se extienden cerca de la superficie y se ramifican ampliamente en busca de nutrientes y agua que se caracteriza como las raíces superficiales, y continúan con las raíces fibrosas, estas raíces son delgadas, largas y se ramifican profusamente. Tienen una apariencia similar a los pelos y están diseñadas para absorber nutrientes y agua de manera eficiente.

el sistema radical de la papaya se caracteriza por ser superficial, fibroso y ampliamente extendido en la capa superior del suelo. Esto permite que la planta pueda obtener los nutrientes y la humedad necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Tallo.

El tallo es erguido, cilíndrico, hueco excepto en los nudos, más grueso en su base; sin ramas y con las características cicatrices que dejan las hojas al caer. Crecimiento monopódico cuando es joven y al madurar se ramifica. (CONABIO).(S.F).

Hojas.

Hojas con copa abierta y redondeada. Hojas grandes de pecíolo largo, de 0.7 a 1 m, con la lámina palmeada de 7 a 9 lóbulos, y éstos a su vez en lóbulos más pequeños, ligeramente gruesas y carnosas. Hojas superiores erectas y extendidas e inferiores colgantes. (CONABIO).(S.F).

Flores.

Flores pistiladas, estaminadas y bisexuales, con el cáliz tubular de 8 a 10 mm de largo, verdoso; corola tubular de 10 a 20 mm de largo, blancuzca o amarilla pálida. Flores femeninas solitarias o 5 ó 6 juntas en la base de una hoja; masculinas en panículas delgadas con 15 a 20 flores o llegando a tener hasta 100 florecillas por inflorescencia. Las flores femeninas son mucho más grandes que las masculinas. (CONABIO).(S.F).

Fruto.

Frutos apiñados alrededor del tronco. Bayas elipsoides a esféricas, tornándose de verdes a anaranjadas en la madurez, pulpa blanda, jugo lechoso. El fruto silvestre mide de 4 a 6 cm de largo y de 3 a 4.5 cm de ancho. Cada fruto conteniendo de 200 a 400 semillas. Fruto cultivado de 10 a 50 cm de largo, dependiendo del cultivo. (CONABIO).(S.F).

Que son las giberelinas.

Las giberelinas son las hormonas vegetales primarias responsables del crecimiento vegetativo (Rademacher, 2000).

Las giberelinas son un grupo de diterpenoides que se definen más por su estructura que por su actividad biológica, al contrario, a lo que ocurre con las auxinas y citocininas. Las giberelinas activas, se desempeñan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas, cubriendo todas las etapas de su desarrollo (germinación de semillas, crecimiento del tallo, partenocarpia, expansión foliar, elongación de la raíz, floración y liberación de enzimas hidrólitas). Pero solo las giberelinas biológicamente activas son las que cumplen estas funciones, las no bioactivas quedan en el tejido vegetal como predecesores de las formas bioactivas o como metabolitos desactivados. (Gleba 2020).

Las giberelinas causan división y elongación celular, crecimiento de frutos, desarrollo floral (inhibición de la floración en frutal, pero inducción de la floración en especies anuales), crecimiento en longitud de la raíz principal e inhibición de la ramificación radical, inhibición del desarrollo de pigmentos en fruta, fotomorfogénesis y promueven germinación de semillas. Las giberelinas GA₁, GA₃, GA₄ y GA₇ Son las de mayor actividad biológica en plantas vegetales (Intagri 2017).

En Japón en el año de 1935 fitopatólogos descubrieron el hongo *Gibberella fujikuroi* que causa crecimiento excesivo en plantas de arroz, posteriormente en 1950 se logró aislar a partir de las secreciones del hongo, identificando el compuesto como giberelina. Desde aquel año hasta la actualidad se han realizado el aislamiento de giberelinas en tejidos vegetales; las numeraciones de las giberelinas descubiertas se asignaron de acuerdo al orden cronológico de descubrimiento y hasta la actualidad se conoce cerca de 136 tipos de esta hormona (Serrani, 2008).

Tipos de giberelinas.

Las giberelinas más activas, como la GA₃ y la GA₄, comparten características clave, como la presencia de un grupo hidroxilo en C-3β, un grupo carboxilo en C-6 y una lactona en C-4 y C-10. Además, el grupo carboxilo en C-3β puede ser sustituido por

otras funcionalidades, como C-2 y C-3, lo que permite que compuestos como la GA₅ y la GA₆ actúen bioactivamente. La presencia frecuente de GA₁ en una amplia variedad de especies vegetales sugiere su participación activa en diversos procesos fisiológicos, al igual que la GA₄ (Yamaguchi, 2008).

Giberelinas y su uso en la agricultura.

Las giberelinas están asociadas con la promoción del crecimiento del tallo. Plantas sometidas a la aplicación de giberelinas pueden ser inducidas a lograr un mayor crecimiento en su altura (Taiz y Zeiger 2004). Para Larcher (2006), la acción de las hormonas vegetales depende de la etapa de desarrollo y de la actividad de la planta, de estímulos externos, de la parte de la planta que está recibiendo el estímulo y el tiempo de este impacto.

En la zanahoria (*Daucus carota*), la aplicación de GA₃ a 250 ppm, mejoró la emergencia y la uniformidad de plántulas bajo condiciones de estrés hídrico (Saha et al., 2010). De una forma general, se ha documentado que el rango de eficacia de las giberelinas en semillas de la horticultura va de 10 a 50ppm, ya que depende de la sensibilidad de la especie.

En especies frutales tropicales como el mango (*Mangifera indica*), la aplicación de giberelina GA₃ por vía foliar, en concentraciones de 50 a 100ppm, ha sido empleada para estimular la brotación vegetativa, particularmente en cultivares con tendencia a la alternancia en la producción (Bajpai et al., 2020). De manera similar, en el aguacate (*Persea americana*), el uso de GA 4/7 en rangos de 25 a 75ppm ha generado resultados favorables, promoviendo la elongación de brotes y disminuyendo la floración precoz (Salazar García et al., 2013).

Materiales y métodos.

Localización del Área Experimental.

La presente investigación se llevó a cabo durante el verano del año 2023 en un invernadero tipo capilla, cubierto con plástico de polietileno, material que tiene una vida útil estimada entre 2 y 3 años. Este invernadero forma parte del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en

Calzada Antonio Narro 1923. Las coordenadas geográficas del sitio son latitud norte 25°21'10.3" y longitud oeste 101°01'38.3", a una altitud de 1,742 metros sobre el nivel del mar.

La zona presenta un clima seco y semiárido, con una temperatura media anual que oscila entre los 18 y 22 °C. Las lluvias se concentran principalmente entre los meses de abril y octubre, con una precipitación media anual de 366 mm. Los vientos predominantes en la región soplan desde el este durante todo el año. El suelo del lugar tiene una textura migajón-arcillosa, con una composición del 50% de arcilla, 26% de limo y 24% de arena, además de un contenido de materia orgánica del 1.98% y un pH de 8.57.

Materia vegetal.

Se utilizó semilla de *Carica papaya* de la variedad Maradol, obtenida de la casa semillera Westar USA. Esta variedad es una de las más comúnmente comercializadas y producidas en México. La semilla de esta variedad presenta gran tipografía en su morfología, dando lugar hasta 13 tipos de formas diferentes. Sin embargo, la que se utilizó, en el presente trabajo, exhibe las siguientes características morfológicas: forma ovoide, color marrón oscuro en su madurez, testa dura, diámetro polar promedio entre cinco y seis mm y diámetro ecuatorial entre cuatro y cuatro punto cinco mm.

Pre-germinación.

El proceso de pre-germinación se llevó a cabo el 1 de mayo de 2023, comenzando con la colocación de semillas sobre papel húmedo dentro de un recipiente adecuado. Tras este paso, se permitió que las semillas germinaran, dando lugar al crecimiento de plántulas durante varios días consecutivos.

Trasplante.

El trasplante de plántulas del frutal *Carica papaya*, se llevó a cabo el 12 de mayo de 2023, donde se trasplantaron individualmente 50 plántulas en vasos de unicel. Para el sustrato, se utilizó una mezcla de Peat Moss: perlita, en proporciones de 50:30:20

(v/v). Estas plántulas se mantuvieron en condiciones de invernadero durante los 67 días de evaluación fenotípica. Durante este período, se aplicó riego regularmente utilizando una regadera manual.

Diseño experimental.

El diseño experimental de la tesis comprendió cinco tratamientos hormonales utilizando giberelinas $A_{4/7}$ grado científico (98% i.a.).

Los tratamientos fueron:

Se establecieron cinco tratamientos: T1 (testigo con aplicación de agua), T2 ($GA_{4/7}$ a 50 ppm), T3 ($GA_{4/7}$ a 100 ppm), T4 ($GA_{4/7}$ a 150 ppm) y T5 ($GA_{4/7}$ a 200 ppm). Las aplicaciones se realizaron por aspersión foliar una vez que las plántulas experimentales alcanzaron entre 6 y 8 hojas verdaderas. Para ello, se utilizó un atomizador manual, aplicando los tratamientos en orden creciente de concentración de giberelina, es decir, comenzando por el de menor dosis hasta el del mayor. Cada tratamiento conto con siete repeticiones. El experimento se desarrolló bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), y los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), para evaluar los efectos de los tratamientos.

Variables evaluadas

Diámetro

Para esta variable, se realizaron nueve evaluaciones después de la aplicación foliar de los tratamientos, haciendo lecturas cada tercer día, iniciando el 22 de junio. La medición siempre fue en la parte central del tallo y se realizó con un vernier digital marca EEASSA DIGITAL DE 0 A 100 MM, reportándose los resultados en mm

Altura.

Para medir la altura de las plántulas, se empleó un flexómetro, registrando la distancia entre la base y el meristemo apical desde el día cero y posteriormente cada tercer día.

Numero de hojas

El número de hojas se contabilizaron en todo el tallo principal, haciendo mediciones cada tercer día iniciando el día cero (22 de junio, 2023), posteriormente se tomaron datos los días 25, 28, 31 hasta llegar al día 17 de julio, fecha en que concluyó la evaluación del experimento en el invernadero.

Largo y ancho de las hojas

Las dimensiones del largo y ancho de las hojas de las plántulas de papaya se midieron utilizando un flexómetro. Este proceso comenzó el día cero, fecha en la que se tomó la primera lectura (22 de junio de 2023), y finalizó el día 17 de julio de 2023. Se tomó la medida desde el extremo de la hoja hasta el extremo opuesto para obtener la dimensión correspondiente.

Peso fresco

El peso fresco de las plántulas de papaya se determinó después de la última lectura, que tuvo lugar el 17 de julio de 2023. El procedimiento consistió en retirar la plántula del vaso de unicel, eliminar el sustrato, lavar cuidadosamente las raíces y proceder a cortar y dividir la planta en raíz, tallo y parte aérea. Posteriormente, cada una de estas partes se pesó individualmente en una báscula y luego se colocaron en bolsas de papel para su posterior análisis.

Peso seco

El peso seco de las plántulas de papaya se determinó después de obtener los datos del peso fresco. Los tejidos de raíz, tallo y hojas fueron retirados de las bolsas mencionadas y se sometieron a un proceso de secado natural a temperatura ambiente durante varios días. Posteriormente, se determinó su peso seco utilizando una balanza de laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el departamento de horticultura.

Resultados y discusión.

En el análisis de la variable diámetro en plántulas de papaya, tras la aplicación de giberelina A 4/7, no se detectaron diferencias significativas ($Pr > F_{0.3535}$) (figura 1.), entre los distintos tratamientos. Todos los grupos evaluados mostraron efectos similares, con puntuaciones consistentemente asignadas como "A" en el análisis estadístico. Estos resultados sugieren que en cuanto el diámetro de las plantulas de papaya, la aplicación de giberelina $GA_{4/7}$ no mostro un efecto horticolamente relevante en esta etapa de desarrollo.

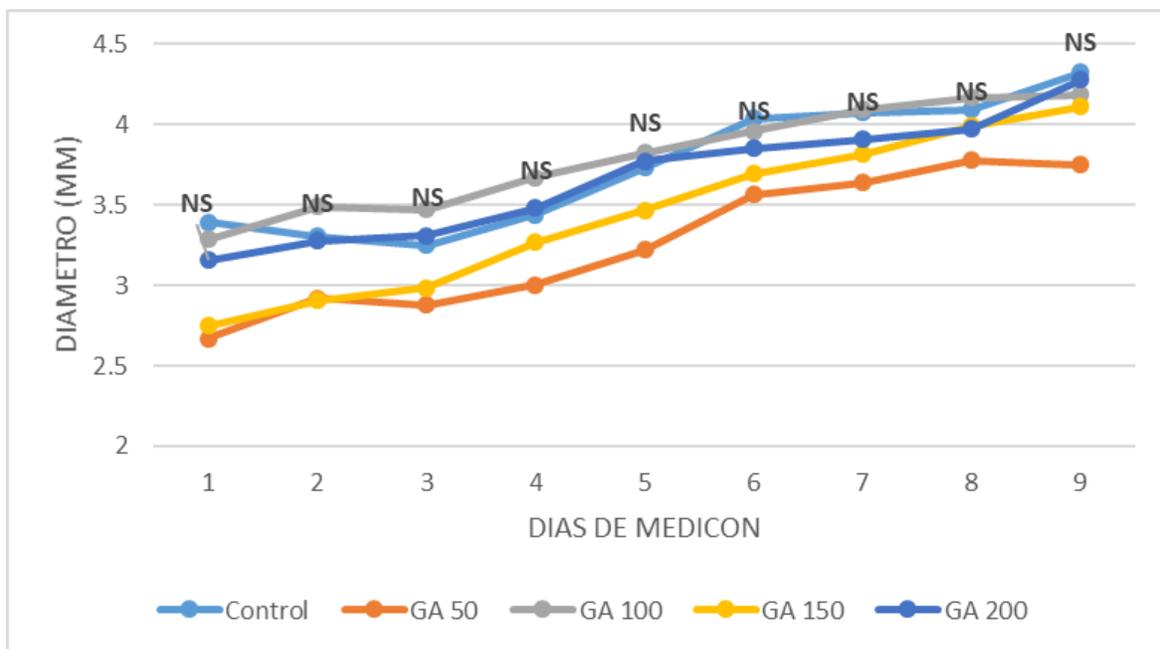


Figura 1. Efecto de giberelinas $A_{4/7}$ en el crecimiento de diámetro del Tallo en plántulas de papaya Maradol.

En el análisis estadístico de la variable altura en plántulas de papaya, se observaron diferencias altamente significativas ($P > F < .0001$) (figura 2), tras la aplicación de giberelina A 4/7. Entre los distintos tratamientos, la dosis con 200 ppm emergió como el más destacado obteniendo una A en el análisis estadístico de varianza anova, evidenciando un impacto notable en el crecimiento vertical de las plantas, mientras que el testigo y GA 50, GA100 y GA 150 mostraron un AB. Estos resultados sugieren un potencial prometedor de la giberelina A 4/7 en la modulación de la altura de las plántulas de papaya, lo que podría tener implicaciones importantes en la optimización del cultivo y rendimiento.

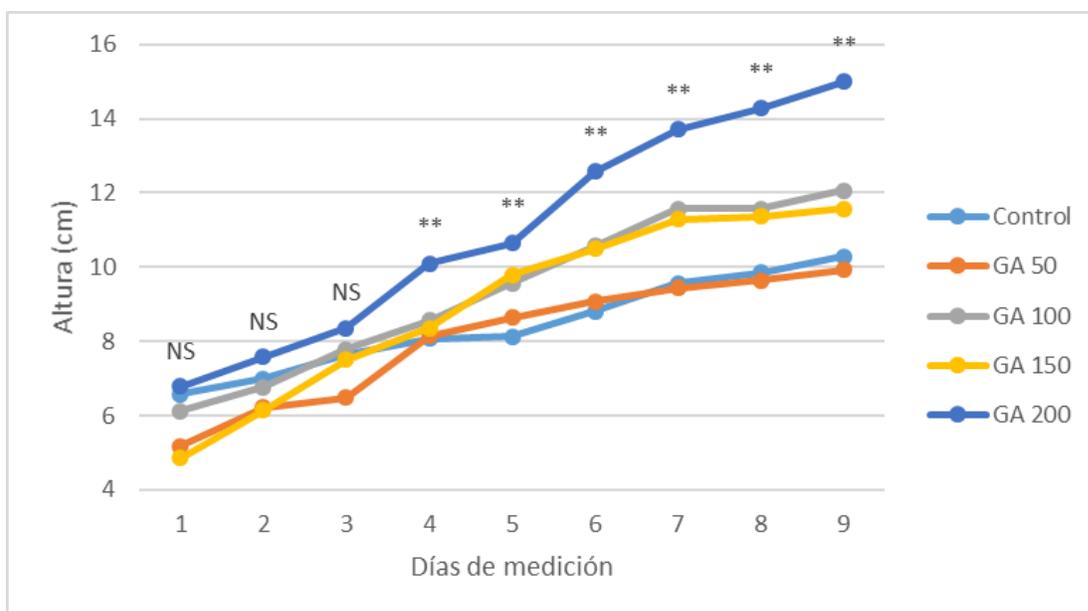


Figura 2. . Efecto de giberelinas A₄₇ sobre la altura de tallo en papaya Maradol.

En la evaluación estadística del número de hojas en plántulas de papaya, se identificaron diferencias significativas ($P > F 0.0027$), (figura 3), tras la aplicación de giberelina A 4/7. Los resultados revelaron una variación significativa entre los distintos tratamientos, con ciertas dosis de giberelina A 4/7 generando un incremento notable en el número de hojas de las plantas en comparación con el grupo de control obteniendo una B junto con GA 50, cabe mencionar que el control y este tratamiento son semejantes y no requiere la aplicación de la hormona en pocas concentraciones. Estos hallazgos apuntan hacia el potencial de la giberelina A 4/7 como un agente efectivo para estimular el desarrollo foliar en plántulas de papaya.

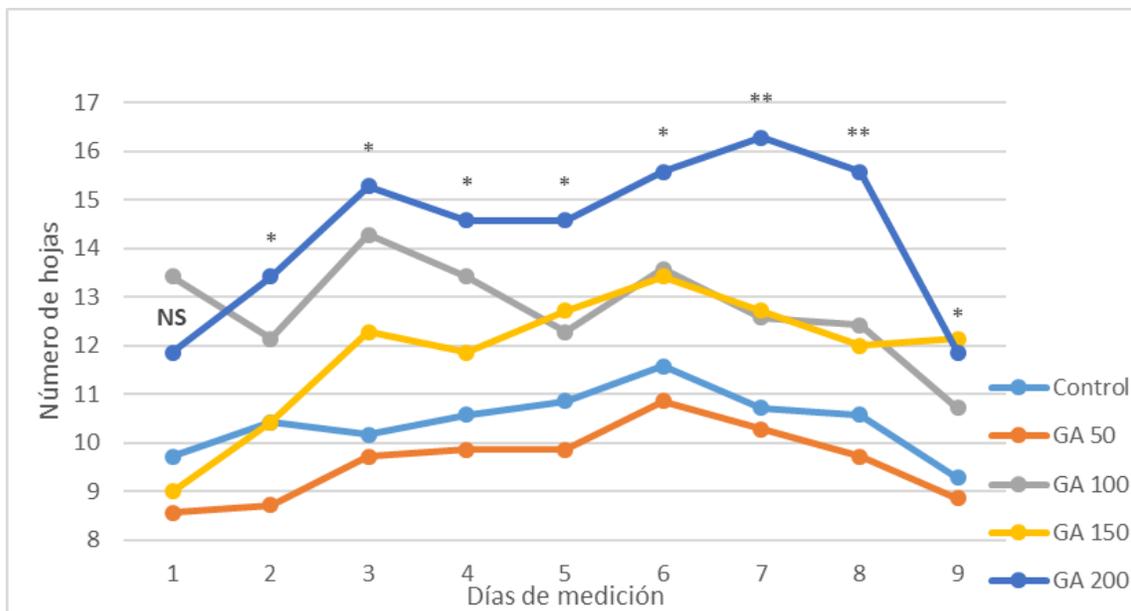


Figura 3. Influencia de las giberelinas A_{4/7} en el número de hojas de plántulas de papaya Maradol.

En el análisis estadístico sobre la variable largo y ancho de hojas en plántulas de papaya (Cuadro 1), se observan diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo foliar de las plántulas como respuesta a la aplicación de giberelinas GA_{4/7}. Los resultados revelan que los tratamientos con giberelina A 4/7 generaron cambios notables tanto en el largo como en el ancho de las hojas en comparación con el grupo de control. En longitud de la plántula se destacó más el GA 150 ppm

siendo diferente a los demás tratamientos. En el ancho de hojas GA 200ppm fue uno de los mejores tratamientos, lo que sugiere un efecto estimulante en el crecimiento foliar. Estos hallazgos destacan el potencial de la giberelina A 4/7 como un agente prometedor para influir en la morfología foliar en plántulas de papaya, ofreciendo perspectivas valiosas para optimizar la calidad y la productividad de los cultivos.

Cuadro 1. Influencia de las giberelinas GA_{4/7} en el desarrollo foliar de plántulas de papaya Maradol. Los valores corresponden a la media de 7 repeticiones por tratamiento. Diferencias entre medias dentro de cada columna señalada con las letras distintas indican significancia ($p \leq 0.01$), conforme a la prueba de comparación múltiple de Turkey.

Tratamientos	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)
1	5.5000 AB	4.5714 AB
2	4.7857 B	3.9286 B
3	6.2857 AB	5.5286 AB
4	6.9000 A	5.4286 AB
5	6.5714 AB	5.5714 A

En la variable de peso fresco (Cuadro 2), se observó significancia, particularmente en el tratamiento con GA a 200 ppm. Este tratamiento exhibió un notorio incremento tanto en el peso fresco del tallo como en la parte aérea en comparación con otros tratamientos. Por otro lado, las plántulas correspondientes al tratamiento testigo y a la aplicación de GA_{4/7} a 100 ppm presentaron resultados estadísticamente similares. Estos hallazgos destacan la eficiencia y el potencial de la giberelina GA_{4/7}, particularmente a su mayor concentración (200ppm), para inducir un incremento significativo con el peso fresco de las plántulas.

TRATAMIENTOS	TALLO (ml)	RAIZ (ml)	PARTE AEREA (ml)
1	1.4571 AB	3.3857 A	1.1429 AB
2	1.0714 B	2.0286 B	0.9857 B
3	1.9571 AB	3.3714 A	1.3571 AB
4	1.9857 AB	2.8429 AB	1.6000 AB
5	2.2429 A	3.2714 AB	1.9286 A

Cuadro 2. Efecto de giberelinas GA 4/7 sobre el peso fresco de raíz, y parte aérea en plántulas de papaya Maradol.

Los valores corresponden a las medias de siete repeticiones por tratamiento. Dentro de cada columna, medias acompañadas por letras distintas que son significativas ($p \leq 0.01$), conforme a la prueba de comparación de Tukey.

En el análisis de varianza reveló efectos significativos y patrones consistentes en la variable de peso seco de las plantas experimentales (cuadro 3). Aunque no se detectaron diferencias significativas en el tallo y la raíz entre los distintos tratamientos de giberelinas se evidenciaron diferencias significativas en la parte aérea. Específicamente, se observaron diferencias notables entre los tratamientos con GA 100 ppm y GA 200 ppm. Estos resultados sugieren que, mientras la aplicación de giberelina A 4/7 puede no influir de manera significativa en el peso seco del tallo y la raíz en las plántulas de papaya, sí puede tener un impacto diferenciado en la parte aérea, con el tratamiento GA 200 ppm mostrando un mayor efecto en comparación con el GA 100 ppm. Este hallazgo resalta la importancia de considerar las dosis y concentraciones específicas de giberelina en la promoción del crecimiento y desarrollo de las plántulas de papaya, especialmente en lo que respecta a la biomasa de la parte aérea.

TRATAMIENTOS	TALLO (ml)	RAIZ (ml)	PARTE AEREA (ml)
1	0.34286 A	0.41429 A	0.37714 AB
2	0.26286 A	0.24429 A	0.19143 B
3	0.34857 A	0.41286 A	0.44000 A
4	0.35286 A	0.37714 A	0.34143 AB
5	0.39429 A	0.46286 A	0.40714 A

Cuadro 2. Efecto de las giberelinas $GA_{4/7}$, sobre el peso seco de la raíz, tallo y parte del área en plántulas de papaya Maradol.

Los valores presentados corresponden al promedio de siete repeticiones por tratamiento. Dentro de cada columna, las medias acompañadas por letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey al nivel de significancia del 1%.

DISCUSION.

El desarrollo del diámetro de tallo en plantas hortícolas está ligado a diversos factores internos en donde destacan la presencia de hormonas (Quezada, 2005; Ortega, 2005). Se ha demostrado su desarrollo en cultivos de chile jalapeño y tomate Saladette cuando se aplican giberelinas en un rango de 100-300 ppm y con el retardante P-Ca a 50 ppm (López, 2018; Ramírez *et al*, 2016). En esta investigación no se observó ningún efecto significativo entre tratamientos con las giberelinas aplicada (Figura 1); sin embargo, se presentaron tendencias con los tratamientos de 100 y 200 ppm de giberelinas en donde se observó un ligero incremento en el desarrollo del diámetro en el tallo. Ramirez *et al* (2023) han demostrado en otros cultivos como chile habanero que la acción de giberelinas puede dirigirse a otros efectos fisiológicos en el mismo tallo u otros órganos.

El efecto de las giberelinas sobre la altura del tallo fue evidente (Figura 2). Las concentraciones 100, 150 y 200 ppm mostraron superioridad al testigo. La dosis de 200 ppm resultó ser la mejor en este parámetro. Resultados similares han sido reportados en tomate por López (2018) y por otros autores en diversos cultivos (Ramírez *et al* 2016). Esta respuesta es la influencia que caracteriza a las giberelinas de actuar como estimulantes en la elongación celular cuando la planta es joven y se encuentra en un crecimiento muy activo (Rademacher, 2000; Ramirez *et al* 2016). El incremento en el crecimiento vegetativo va ligado a nueva formación de hojas laterales de tal suerte que la mayoría de los tratamientos con giberelinas utilizados en este estudio en plántulas de papaya muestran un mayor número de hojas que el testigo (Figura 3).

El peso fresco en tejidos evaluados mostró diferencias significativas destacando los tratamientos GA a 200ppm y el GA a 100ppm (Cuadro 2). Lo anterior refleja un buen desarrollo celular en el tallo, raíz y parte aérea de la plántula, este efecto concuerda con el trabajo realizado por Ortega (2013), quién sustenta que este fenotipo causado por las giberelinas representa un buen fenotipo de plántula al ser trasplantada al campo o invernadero. Una plántula vigorosa refleja fortaleza fisiológica y asegura un buen establecimiento del cultivo.

El peso seco en órganos evaluados no mostró diferencias significativas (Cuadro 3). Es probable que por ser la plántula un tejido muy joven y succulento, su tejido celular no muestre mayor suberización, proceso metabólico que pudiera estar ligado más a otro tipo de hormonas como las auxinas y citoquininas (Ramírez *et al*/2016). Según Páez *et al.* (2000), la cantidad de masa seca producida por una planta individual es un indicador de su capacidad de utilización de los recursos disponibles para el crecimiento vegetal.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación, se concluye que las giberelinas ^{4/7} aplicadas en concentraciones de 100 y 200 ppm a plántulas de papaya Maradol cuando alcanzaron 6-8 hojas verdaderas, provocan un efecto positivo en altura, peso fresco en tallo, raíz y parte aérea. Este fenotipo es ideal para su trasplante al campo o invernadero.

Literatura adicional:

1. Agrositio. (2017, 1 de enero). *Crece producción de papaya*.
2. Cerezo Martínez, J. (2017). *Tema 10: Giberelinas*. Georgius M.
3. Díaz Montenegro, D. (s.f.). *Las hormonas vegetales en las plantas*. Intagri S.C.
4. GLEBA. (s.f.). *Giberelinas en extensivo, ventajas y secretos*.
5. Green Import Solutions. (s.f.). *Ácido Giberélico GA4+7 – GREEN RG 90%*.
6. Intagri. (s.f.). *Innovaciones en el cultivo de papaya para una alta producción*.
7. Ramírez, H., Melendres-Alvarez, A. I., Jasso-Cantú, D., Villarreal-Quintanilla, J. A., & Zermeño-González, A. (2023). Presence of gibberellins in habanero pepper seeds. *Acta Horticulturae*, 1365, 33–38. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1365.4>
8. Ramírez, H., Mendoza-Castellanos, J., Vazquez-Badillo, M. E., & Zermeño-González, A. (2016). La prohexadiona de calcio (P-CA): una alternativa hormonal viable en chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 631–641. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i3.323>
9. Saha, R. R., Prasad, B. N., & Mishra, A. K. (2010). Influence of plant growth regulators on emergence and seedling growth in carrot under water stress conditions. *Vegetable Science*, 37(1), 61–64.
10. Salazar-García, S., Lovatt, C. J., & Pérez-Barraza, M. H. (2013). Reproductive biology and tree management of avocado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(1), 117–133.
11. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017, 3 de abril). *Aumenta 30 por ciento producción de papaya “Hecho en México” en la presente administración*. Gobierno de México.
12. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2017, 1 de agosto). *Papaya (Carica papaya L.)*. Gobierno de México.

13. Silva Morales, J. D. (2016). *Efecto de los tratamientos térmicos en la inducción floral y cambios bioquímicos en el género Polianthes* (Tesis de maestría). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Repositorio CIATEJ.
 14. SPL. (2023, 11 de agosto). *Informe frutas tropicales FAO: Exportaciones cayeron un 5% en 2022*. SPL Logistics.
 15. Tischelmayer, N. F. J. (s.f.). *Giberelina*. wein.plus.
 16. Yadav, M. K., & Das, J. (2024). Effects of plant growth regulators on the production of vegetables. *Agricultural and Biological Research*, 40(2).
 17. Yamaguchi, S. (2010). Gibberellin biosynthesis and its regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(8), 3143–3150.
-
- Course Hero. (2025, marzo 3). [Sin título].
 - docplayer.es. (2018, abril 12). [Sin título].
 - doczz.es. (2023, septiembre 20). [Sin título].
 - FAO. (2023, mayo 6). [Sin título].
 - Gobierno de México. (2021, abril 21). [Sin título].
 - Green Import Soluciones. (2020, julio 21). [Sin título].
 - Jimcontent.com. (2023, octubre 3). [Sin título].
 - myslide.es. (2015, septiembre 27). [Sin título].
 - Red Iberoamericana de Innovación. (2024, febrero 20). [Sin título].
 - Repositorio UNESUM. (2023, octubre 7). [Sin título].
 - Repositorio Universidad del Cauca. (2022, diciembre 22). [Sin título].
 - SciELO Colombia. (2020, mayo 26). [Sin título].
 - Scribd. (2020, marzo 31). [Sin título].
 - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (2024, mayo 31). [Sin título].

- Universidad de Córdoba. (2019, febrero 28). *[Sin título]*.
- Universidad de Guadalajara, CUCBA. (2013, septiembre 29). *[Sin título]*
- Universidad Técnica de Babahoyo. (2022, noviembre 19). *[Sin título]*.