



Evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) bajo invernadero con fines de sexaje prematuro en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Ñacata Manosalvas, Elen Cristina

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

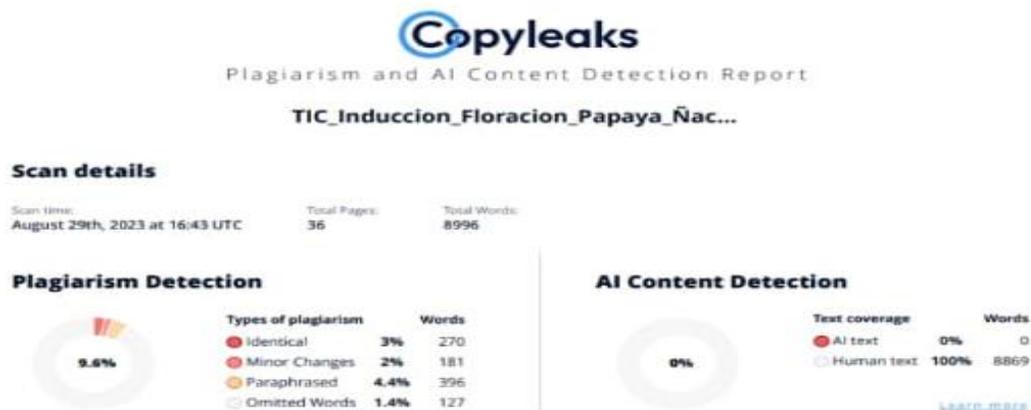
Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vaca Pazmiño, Patricio Eduardo Mgs.

Director

29 de agosto de 2023

Reporte de verificación de contenido



Firma:



EDUARDO PATRICIO
VACA PASMINO

Ing. Vaca Pazmiño Patricio Eduardo

Director



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana (Carica papaya L.) bajo invernadero con fines de sexaje prematuro en Santo Domingo de los Tsáchilas”** fue realizado por la señorita **Ñacata Manosalvas Elen Cristina**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 29 de agosto de 2023

Firma:



EDUARDO PATRICIO
VACA PAZMIÑO

Ing. Vaca Pazmiño Patricio Eduardo
C. C: 180212735-5



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Ñacata Manosalvas Elen Cristina** con cédula de ciudadanía n°230007562-5, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: ***"Evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana (Carica papaya L.) bajo invernadero con fines de sexaje prematuro en Santo Domingo de los Tsáchilas"*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 29 de Agosto del 2023

Ñacata Manosalvas, Elen Cristina

C.C.: 230007562-5



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Autorización de Publicación

Yo, Ñacata Manosalvas, Elen Cristina con cédula de ciudadanía n°230007562-5, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana (Carica papaya L.) bajo invernadero con fines de sexaje prematuro en Santo Domingo de los Tsáchilas" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 29 de Agosto del 2023

Ñacata Manosalvas, Elen Cristina

C.C.: 230007562-5

Dedicatoria

Primeramente, agradezco a Dios y a mi familia por estar siempre apoyándome en todo lo que me propongo en mi vida.

A mis padres, Edgar Ñacata y Elen Manosalvas; gracias por haberme apoyado en todas las etapas de mi vida, por el amor, los valores que me han enseñado y por siempre decirme que nunca pierda las esperanzas en lograr lo que quiero.

A mis hermanos, Andrés, Pamela y Kelly Ñacata; por alegrar mi vida y ser incondicionales.

A mi compañero de vida Andrés y mi hija Samantha Moreno; los amo, gracias por haber transformado mi vida y ser parte de estos logros, uds han sido mi inspiración para poder culminar esta meta más.

A mi abuelita Yolanda Villacís, que a pesar de no estar con nosotros fue mi inspiración a seguir y lograr culminar esta meta.

A mis abuelos maternos, mis suegros y a toda mi familia, gracias por guiarme en el camino de la vida y haberme convertido en una persona de bien.

Los quiero.

Elen Cristina Ñacata Manosalvas

Agradecimiento

Son muchas las personas que me han brindado su mano, apoyo y ayuda para el cumplimiento de mi proyecto de titulación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, donde se proyectó el sueño de transformarse en una profesional, agradezco a todas las autoridades, docentes, personal que la conforman y han colaborado para cumplir esta meta.

A mi familia, agradezco el apoyo que me han brindado, la paciencia y amor que me han tenido.

Al ingeniero Patricio Vaca, por su apoyo y ayuda para poder culminar este trabajo de titulación.

A mis amigos y compañeros, en especial a Carol, Betty, Digna, José Luis, Alejandro, Joseph, Luis, Miguel y Anthony quienes llegaron a mi vida, compartimos momentos inolvidables y vivencias que estarán siempre plasmados en mi corazón, gracias por esa amistad incondicional.

Elen Cristina Ñacata Manosalvas

Índice de contenido

Caratula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción	18
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19

Objetivos Específicos	19
Hipótesis	19
Hipótesis nula	19
Hipótesis alternativa	20
Capítulo II	21
Revisión de literatura	21
Importancia socioeconómica del cultivo	21
Generalidades de la papaya	22
Origen	22
Taxonomía	22
Descripción botánica	23
Morfología	23
Copa/Hojas	23
Tronco/Ramas	23
Flores	24
Fruto	24
Semillas	24

	10
Raíz.....	24
Propagación.....	24
Importancia nutricional	25
Manejo agronómico del cultivo	26
Germinación.....	26
Densidad de plantas por hectárea.....	26
Sexaje de plantas	26
Exigencias climáticas.....	27
Temperatura.....	27
Humedad	27
Luz.....	27
Precipitación	27
pH	27
Papaya Hawaiana.....	28
Productos hormonales comerciales	28
Ethrel 480	28
Capítulo III.....	31

	11
Materiales y métodos	31
Ubicación del ensayo	31
Ubicación Política	31
Ubicación Geográfica	32
Ubicación ecológica	32
Materiales.....	33
Materiales de campo.....	33
Materiales de oficina.....	34
Métodos	34
Diseño experimental.....	34
Factores a probar	34
Capítulo IV	42
Resultados y discusión.....	42
Altura de la planta	42
Diámetro de tallo	44
Días a la floración	46
Altura de la primera flor.....	47

	12
Altura del primer fruto cuajado	48
Análisis económico	59
Discusión	64
Capítulo V	67
Conclusiones	67
Recomendaciones	68
Capítulo VI	69
Bibliografía	69

Índice de tablas

Tabla 1. Composición del Ethrel 480.....	28
Tabla 2. Composición del Hormonagro.	29
Tabla 3. Composición del Florone.	29
Tabla 4. Factores y niveles a probar.....	34
Tabla 5. Tratamientos a comparar.....	35
Tabla 6. Esquema del análisis de varianza	37
Tabla 7. Análisis de varianza de la altura de planta en función de los días	42
Tabla 8. Análisis de varianza del diámetro de tallo en función de los días	44
Tabla 9. Análisis de varianza de los días a la floración.....	46
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable altura de la primera flor	47
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable altura al primer fruto cuajado	48
Tabla 12. Análisis económico de los tratamientos aplicados para la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana.	59

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de Ubicación geográfica del ensayo	31
Figura 2. Croquis de diseño de los tratamientos y sus observaciones	36
Figura 3. Prueba de significancia de altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.....	49
Figura 4. Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.	50
Figura 5. Prueba de significancia para el efecto de las dosis sobre la altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.....	50
Figura 6. Prueba de significancia para el diámetro de tallo en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.....	51
Figura 7. Prueba de significancia para los días a la floración en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.....	52
Figura 8. Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre los días a la floración en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.	53
Figura 9. Prueba de significancia para la altura a la primera flor en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.....	54

Figura 10. Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura a la primera flor en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje. 55

Figura 11. Prueba de significancia para el efecto de las dosis sobre la altura a la primera flor en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje. 56

Figura 12. Prueba de significancia para la altura al primer fruto en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje..... 56

Figura 13. Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura al primer fruto en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje. 57

Resumen

Evaluar la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaina (*Carica papaya* L.) bajo invernadero con fines de sexaje prematuro, permite determinar el efecto de las dosis y promotores hormonales para reducir la altura y acelerar la floración; la investigación se realizó bajo invernadero en el km 6 ½ de la vía a Quevedo- Santo Domingo (Latitud: 9968259,678 y Longitud: 698893,4828) a 510 msnm. Los objetivos planteados fueron evaluar el efecto de las diferentes dosis y promotores hormonales sobre la altura del cultivo de papaya e identificar el efecto sobre los días a la floración mediante la aplicación de los tratamientos. Se consideraron 7 tratamientos con 5 repeticiones, en un diseño bifactorial AxB + 1 conducido en un DCA, donde la variable A fueron los promotores y B las dosis, para los cuales se realizó el análisis de contrastes ortogonales y a consecuencia se demostró la diferencia entre tratamientos mediante la prueba de significancia de Tukey al 5%, con el uso del paquete estadístico INFOSTAT. Al finalizar los resultados demostraron su influencia sobre la altura de planta a los 15, 30, 45, 60 y 75 días, donde la altura más baja se determinó con Ethrel – 0,1 ml/L (99,70 cm). Pero la menor cantidad de días a la floración (65 días) se alcanzó con Florone – 0,125 ml/L. En cuanto a la altura de inserción de la primera flor y el primer fruto se dieron con Florone – 0,10 ml/L (55,50 cm) y Florone – 0,125 ml/L – 110,88 cm de manera respectiva.

Palabras clave: *Sexaje, papaya hawaina, promotores hormonales, inducción floral*

Abstract

Evaluating the induction of flowering in the Hawaiian papaya (*Carica papaya* L.) crop under greenhouse for the purpose of premature sexing, allows determining the effect of doses and hormonal promoters to reduce height and accelerate flowering; The research was carried out under a greenhouse at km 6 ½ of the road to Quevedo-Santo Domingo (Latitude: 9968259.678 and Longitude: 698893.4828) at 510 masl. The proposed objectives were to evaluate the effect of the different doses and hormonal promoters on the height of the papaya crop and to identify the effect on the days to flowering through the application of the treatments. 7 treatments with 5 repetitions were considered, in a bifactorial design AxB + 1 conducted in a DCA, where variable A were the promoters and B the doses, for which the orthogonal contrast analysis was performed and consequently the difference between treatments was demonstrated. by Tukey's significance test at 5%, with the use of the INFOSTAT statistical package. At the end of the results, they demonstrated their influence on plant height at 15, 30, 45, 60 and 75 days, where the lowest height was determined with Ethrel - 0.1 ml/L (99.70 cm). But the least number of days to flowering (65 days) was achieved with Florone – 0.125 ml/L. Regarding the insertion height of the first flower and the first fruit, they were given with Florone - 0.10 ml/L (55.50 cm) and Florone - 0.125 ml/L - 110.88 cm respectively.

Keywords: Sexing, Hawaiian papaya, hormone promoters, flower induction

Capítulo I

Introducción

La producción de papayas de alta calidad es una preocupación constante para agricultores y productores en todo el mundo. Para lograr un rendimiento óptimo y frutas de excelente calidad, es esencial abordar diversos aspectos del cultivo, y uno de los más importantes es el sexaje de las plantas (Alonso y otros, 2008). El sexaje en papaya es un proceso fundamental para garantizar la producción de frutos de buen tamaño y calidad, ya que permite seleccionar las plantas que llevarán a cabo la producción de frutos y las que se destinarán a otros fines, como la producción de semillas (Murillo, 2022).

Las hormonas vegetales, también conocidas como fitohormonas, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Wang y otros, 2017). Si bien su función principal es regular procesos como la germinación, el crecimiento de las raíces, la floración y la fructificación, algunas de estas hormonas también pueden ser utilizadas para influir en la determinación del sexo de las flores o la producción de frutos (Alcantara y otros, 2019); (Murillo, 2022).

El ANA es conocida por estimular el desarrollo de flores femeninas en ciertas plantas monoicas (que tienen flores masculinas y femeninas en la misma planta); aumentando así la producción de frutos. Por otra parte, el etileno se ha utilizado para acelerar la senescencia de flores masculinas en plantas monoicas, lo que favorece la producción de flores femeninas y, en última instancia, de frutos (Ferrante y otros, 2017).

En este contexto, el uso de promotores de crecimiento como la ANA (Ácido Naftalenoacético), el etileno y los aminoácidos se ha propuesto como una herramienta crucial para optimizar el proceso de sexaje en papayas. Puesto que, se ha evidenciado que estas sustancias pueden influir de manera significativa en el desarrollo de las plantas y su capacidad para producir frutos, permitiendo a los agricultores mejorar la eficiencia de sus cultivos y aumentar la calidad de las papayas cosechadas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana bajo invernadero con fines de sexaje prematuro.

Objetivos Específicos

Determinar el mejor tratamiento para la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana comparando productos hormonales comerciales.

Identificar que hormona comercial que acelera la aparición de estructuras florales.

Establecer la relación costo/beneficio de los tratamientos aplicados.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho: La acción de las hormonas comerciales no presenta diferencias significativas en la inducción a la floración en el cultivo de papaya hawaiana bajo invernadero.

Hipótesis alternativa

Ha: La acción de las hormonas comerciales presenta diferencias significativas en la inducción a la floración en el cultivo de papaya hawaiana bajo invernadero.

Capítulo II

Revisión de literatura

Importancia socioeconómica del cultivo

Debido a su alta productividad, valor nutricional y funcionalidad, la papaya se ha convertido en un importante cultivo comercial de frutas a nivel mundial. La producción mundial de papaya durante los últimos veinte años ha aumentado constantemente, sobre todo debido al aumento de la producción en la India y la demanda de los Estados Unidos, alcanzando un pico en el 2016 de 13,09 millones de toneladas. En 2018, el 60,9% de la producción mundial total de papaya en tres países: India (138 mil ha y 5,99 millones de toneladas), Brasil (27,2 mil ha y 1,06 millones de toneladas) y México (18 mil ha y 1,04 millones de toneladas) (Zhou et al., 2021).

La producción de papaya en nuestro país es durante todo el año, siendo el clima cálido el más idóneo para la cosecha de la fruta con las mejores características en relación con su tamaño, color y sabor; las variedades producidas en el país son tainung, maradol y hawaiana, siendo la última la más demandada a nivel internacional.

Es importante destacar que en el año 1985 se introdujo al Ecuador la papaya hawaiana, proveniente desde Brasil, al inicio no tuvo una amplia demanda en los mercados internacionales a pesar de ello con el tiempo se ha logrado mantener como unas de las variedades más consumidas.

Desde el año 2002, se inició la exportación de papaya hawaiana teniendo como primeros destinos Francia, Alemania, Canadá, Países Bajos.

Más adelante, el acceso de la fruta en ciertos mercados internacionales se vio afectado por la presencia de mosca en la fruta especialmente en EE.UU; por lo cual crearon los Análisis de Riesgos de Plagas (ARP), requisito fundamental para exportar para exportar la papaya ecuatoriana hacia Estados Unidos, lo cual se pudo realizar finalmente al segundo semestre del año 2015.

La producción de papaya se encuentra actualmente en las provincias de Los Ríos, Santa Elena y Santo Domingo, lugares donde la fruta es cultivada y producida todo el año.

La producción nacional de papaya hawaiana destinada para exportación se estima en 400 hectáreas con tendencia a aumentar, lo cual generaría a su vez numerosas fuentes de empleo; de la misma variedad los productores ecuatorianos aspiran colocar semanalmente 100 toneladas de fruta en los mercados estadounidenses (Espinoza, 2015),

Generalidades de la papaya

Origen

La papaya es de origen de América tropical, la cual se ha situado en varios países de esta región, la descripción más antigua es de la cronista Oviedo en 1535 la cual menciona su origen en Panamá; el cultivo de papaya se ha distribuido a lo largo del tiempo de trópicos y subtrópicos (Cruz & Portal, 2010).

Taxonomía

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Caricaceae

Género: Carica

Especie: Carica papaya L.

Descripción botánica

Morfología

Planta arborescente perennifolia, de 2 a 8 m de altura con un diámetro a la altura del pecho de 6 a 15 cm, con un olor acre distintivo.

Copa/Hojas

Copa abierta y redondeada, hojas grandes de pecíolo largo, de 0,7 a 1 m, con la lámina palmeada de 7 a 9 lóbulos.

Tronco/Ramas

El tronco es erguido, cilíndrico, hueco excepto en los nudos, más grueso en su base y sin ramas.

Corteza

Corteza lisa, verde grisácea, con manchas pardas y cicatrices semicirculares a todo lo largo del tronco.

Flores

Flores de color blanco, crema y amarillo, pistiladas, estaminadas y bisexuales. Las flores femeninas son mucho más grandes que las masculinas.

Fruto

Frutos apiñados alrededor del tronco. Forma oblonga y pueden ser alargados, el tamaño y forma varía dependiendo de la variedad y tipo de flor, mide de 13 a 15 cm de largo y con un peso entre 200 a 300 gramos.

Semillas

Las semillas se caracterizan por ser de color negro, 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.

Raíz

Sistema radical pivotante.

Propagación

La papaya se propaga principalmente por semillas, cuando las semillas de papaya se obtienen mediante el cruzamiento de una planta femenina por una hermafrodita, en donde el 50% de ellas descenderán plantas hermafroditas y el otro 50% femeninas.

Cuando las semillas de papaya se obtienen por medio de autofecundación de plantas hermafroditas se originan un 33% de plantas femeninas y un 66% de plantas hermafroditas.

Se menciona que el mercado demanda frutos piriformes procedentes de flores hermafroditas de tipo elongada, por lo cual las plantaciones deben realizarse con plantas hermafroditas.

A pesar de que se trabaja con indicadores tempranos, el sexo de la planta no se pone claramente en manifiesto hasta el momento que aparece la primera flor, lo cual sucede entre los dos a cuatro meses después del trasplante, lo cual va a depender de la variedad como también de las fechas de plantación; por tal motivo es recomendable en una plantación se planten de tres a cuatro plantas por golpe; con este sistema hay una probabilidad del 90% de que una de ellas sea hermafrodita (Hueso et al., 2015).

Importancia nutricional

En la papaya el contenido de caroteno (vitamina A) es uno de los más elevados entre las frutas; como también la vitamina C se encuentra en abundancia y vitaminas del complejo B (B1 y B2) presentes en menor proporción (Jiménez, 2002).

Posee también otros minerales principales como calcio, sodio, fósforo, potasio, hierro; por cada 100 gramos de la fruta se consume tan solo 53 calorías, en la actualidad esta fruta es altamente apetecida por el gran valor nutricional que posee y por los diferentes usos por la cual es demandada (Espinoza, 2015).

Es importante mencionar que también aporta grandes beneficios a la salud a través de su planta (flores, semillas, pulpa, látex) (Jiménez, 2002).

La papaya puede ser utilizada para el tratamiento de varias enfermedades como son: tubérculos cutáneos, dispepsia, amenorrea, estreñimiento, eczema entre otros debido al alto contenido de vitaminas A, B y C y las enzimas proteolíticas como es la papaína y la quimopapaína las cuales contienen propiedades antivirales, antifúngicas y antibacterianas (Sancán, 2018).

Manejo agronómico del cultivo

Germinación

Las semillas se recogerán durante 36 a 48 horas, llegando a un tiempo de 72 horas lo cual va a depender de la temperatura; se debe realizar cambios de agua cada 8 a 12 horas. Posteriormente a las 36 horas, las semillas que flotan se pasan a otro recipiente y de esta manera en 24 horas si no precipitan se eliminan. Se recomienda utilizar un fungicida para el tratamiento húmedo de las semillas.

La profundidad de siembra es de 1 cm ya que a mayor profundidad la germinación se retrasa; sufren afectación por alteración de temperatura y humedad. Finalmente, ya sembrada la semilla se deben regar las bandejas todos los días dependiendo las necesidades.

Densidad de plantas por hectárea

La densidad de plantas por hectárea va a depender de la zona donde se establezca el cultivo y van desde 2500 plantas por hectárea hasta las 3000, se debe tomar en cuenta que entre planta no debe ir menos de 1 metro de distancia.

Sexaje de plantas

Las plantas de papaya generalmente empiezan su floración entre la semana 12 a 14 después del transplante, aquí se debe realizar la selección adecuada de la flor. La fruta alargada o de forma aplanada procedente de flores hermafroditas es la más apetecida por el consumidor, mientras que la flor femenina tiene una fruta más ancha o redonda, que su valor en el mercado es menor a una fruta hermafrodita, las plantas macho tienen flores con un tallo largo, fácilmente de reconocer, son de abundante floración y no producen frutos (Chemonics International, 2009).

Según (Chemonics International, 2009) las flores llegan a medir aproximadamente unos 20 mm, es aquí donde se selecciona las plantas con flores hermafroditas y las demás se eliminan, esta labor se la realiza con ayuda de un machete cortando a ras de suelo y con cuidado para no dañar la planta que se deja. Apenas se pueda identificar la flor se debe realizar este sexaje para evitar la competencia de crecimiento entre las mismas plantas.

Exigencias climáticas

Temperatura

Según (Jiménez, 2002) la papaya crece bien en climas tropicales y en particular en las isotermas de 25° C.

Humedad

El agua es el constituyente fundamental de la planta, 85 % en las fases de vivero, trasplante y desarrollo la planta es exigente, de tal manera que se debe realizar riegos semanales (Armas, 2012).

Luz

La papaya necesita de abundante iluminación para realizar sus procesos fisiológicos, por lo cual el distanciamiento juega un rol importante en la intensidad de la luz para la planta para de esta manera realizar su ciclo metabólico sin dificultad (Armas, 2012).

Precipitación

500 mm a 2500 mm anuales

pH

pH no inferior a 6.

Papaya Hawaiana

Esta variedad es una de poseen mayor aceptación en los mercados de Estados Unidos y Europa, es una fruta exótica la cual posee propiedades medicinales, agradable al paladar, su tamaño es pequeño por lo cual se establece que es una fruta de consumo personal.

La papaya hawaiana tiene forma de pera, es más dulce, en comparación con otras variedades presentes en el Ecuador es pequeña; su peso varía entre los 400 y 800 gramos.

El tipo de papaya de mayor producción para exportaciones en el país es la hawaiana que sobrepasa el 70 al 80% de salida a los mercados internacionales (Murillo, 2022).

Productos hormonales comerciales

Ethrel 480

Es un fitoregulator de crecimiento, principalmente se lo utiliza como madurante de frutos, también se lo utiliza en la inducción anticipada de flores en el cultivo de piña y en incremento de la germinación (Ecuaquímica , 2023).

El Ethrel al ser aplicado en la planta o en los frutos incita a la liberación anticipada de etileno que es el madurador natural de las plantas logrando una maduración uniforme en un periodo de tiempo más corto.

Tabla 1.

Composición del Ethrel 480.

Elemento	g/l
Ethephon	480

Hormonagro

Es un bioestimulante preventivo y correctivo de la caída prematura de botones, flores y frutos no maduros. Incrementa la producción, fortalece el pedúnculo de las flores y frutos evitando pérdidas por vientos y lluvias (Ecuaquímica , 2023).

Tabla 2.

Composición del Hormonagro.

Elemento	g/l
Ácido naftalenacético	17,20
Boro	30,00

Florone

Bioestimulante de alta especificidad para regular el destino de fotoasimilados en el cultivo, según la etapa. Permite controlar el desarrollo vegetativo del cultivo, dependiendo del estado fenológico, desencadenando floración, homogeneidad de cuajado y mejora de llenado de los frutos (Atlántica, 2023).

Tabla 3.

Composición del Florone.

Elemento	% p/v
Aminoácidos libres	5
Nitrógeno total	1,26
Nitrógeno orgánico	1,26
Pentóxido de fósforo	12,6

Elemento	% p/v
Óxido de potasio	12,6
Boro	0,32
Molibdeno	0,25
Citoquininas	0,04

Capítulo III

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

Ubicación Política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo

Parroquia: Abraham Calazacón

Sector: La Aurora

Figura 1.

Mapa de Ubicación geográfica del ensayo

Temperatura:	22,8°C
Precipitación:	2700 mm/año
Humedad relativa:	85%
Heliofanía:	760 h luz/año
Suelos:	Franco arenoso

Materiales

Materiales de campo

- Cinta métrica
- Bomba de aspersión, manual y a motor
- Balanza gramera
- Sensores de temperatura, pH, salinidad
- Microscopio de bolsillo
- Jeringas
- Hormonas comerciales
- Agroquímicos
- Fertilizantes
- Rótulos

- Gps
- Herramientas menores

Materiales de oficina

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo, esferos
- Impresora
- Material de escritorio

Métodos

Diseño experimental

Factores a probar

Tabla 4. Factores y niveles a probar

Factores	Niveles
Productos promotores	$p_1 = \text{Hormonagro}$ $p_2 = \text{Ethrel}$ $p_3 = \text{Florone}$
Dosis	$d_1 = 0,1 \text{ ml/L}$ $d_2 = 0,125 \text{ ml/L}$

Nota: La tabla muestra los factores y sus respectivos niveles que se evaluaron en el proyecto.

Tratamientos a comparar Los tratamientos fueron diferenciados para ser comparados con la finalidad de obtener un resultado preciso.

Tabla 5.

Tratamientos a comparar

Código	Tratamientos
p1d1	Hormonagro (0,1 ml/L)
p1d2	Hormonagro (0,125 ml/L)
p2d1	Ethrel (0,1 ml/L)
p2d2	Ethrel (0,125 ml/L)
p3d1	Florone (0,1 ml/L)
p3d2	Florone (0,125 ml/L)
Testigo	Testigo

Nota: La tabla muestra los tratamientos que se evaluaron en el proyecto.

Tipo de Diseño En la investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con un esquema bifactorial 3x2 (tres opciones de productos y dos dosis de aplicación) más un testigo en donde el factor P son los productos hormonales y el factor D son las dosis a utilizar.

Repeticiones En la investigación se repitió cada tratamiento 5 veces, obteniendo 35 unidades experimentales.

Características de las unidades experimentales

Número de unidades experimentales: 35

Área de las unidades experimentales: $0,16 m^2$

Largo: $0,40 m$

Ancho: $0,40 m$

Forma de la unidad experimental: Cuadrada

Área total del ensayo: $200 m^2$

Forma del ensayo: Rectangular

Croquis del diseño

Figura 2.

Croquis de diseño de los tratamientos y sus observaciones



Nota: Esta figura muestra cómo se distribuyeron los tratamientos y observaciones en campo.

Análisis estadístico

Esquema de análisis de varianza

Tabla 6.

Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
A: Productos hormonales (P)	2
B: Dosis (D)	1
Interacción A x B	2
Error Experimental	28
Total	34

Nota: La siguiente tabla muestra el esquema base del análisis de varianza que se utilizó en el análisis estadístico.

Coefficiente de variación

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\underline{x}} \times 100$$

Dónde:

CV = Coeficiente de variación

CMe = Cuadrado medio del error

\underline{x} = Media general del experimento

Análisis funcional

Para evaluar la prueba de significancia se empleó la prueba de Tukey a nivel de significancia del 5%.

Determinación económica

Para poder comparar los costos y eficiencia de los tratamientos aplicados se trabajó con la metodología de la relación Costo - Beneficio.

La fórmula usada fué la siguiente:

$$DE = Beneficio - Costo$$

Variables a medir

Altura de la planta

En la toma de datos esta variable se evaluó cada 15 días después del trasplante para determinar la altitud en cm del tallo, desde la base de la planta hasta el brote terminal, con la ayuda de una cinta métrica, ejecutándolo a los 15, 30, 45, 60 y 75 días.

Diámetro del tallo

Dicha variable se midió igual que la altura de la planta, es decir cada 15 días, hasta finalizar el trabajo, se utilizó un calibrador para poder evaluar este parámetro.

Días a la floración

Esta variable se evaluó entre los 50 a 60 días después del transplante, considerándose a la flor en estado de botón y para lo cual se utilizó un microscopio de bolsillo para poder observar que tipo de estructura floral tenía.

Altura de la primera flor

Se midió a los 60 días después del trasplante cuando la flor ya se encontraba completamente estructurada, valor que se obtuvo midiendo desde la base del suelo hasta la primera flor.

Altura del primer fruto cuajado

Para medir esta variable se esperó entre 5 a 8 días después de la floración, una vez que el fruto ya estaba formado.

Métodos específicos de manejo del experimento

Adecuación del invernadero

Previo a la siembra de papaya se procedió a adecuar el área de siembra, esto es un invernadero de 200 m^2 , equipado con sensores de pH, temperatura y salinidad, sistema de fertiriego y plástico mulch en las hileras de siembra.

Producción de plantas

La semilla de papaya hawaiana seleccionada para esta investigación se pregerminó en bandejas plásticas de 96 cavidades. Para esta labor se utilizó turba rubia importada de Alaska como sustrato para obtener plantas homogéneas y libres problemas fúngicos que afectan la raíz.

Trasplante al invernadero

A los 40 días de germinada la semilla se sembró las plantas de papaya en horas de la tarde, utilizando cuatro plantas por cada sitio, esto es para asegurar que una de ellas sea hermafrodita y las otras serán eliminadas. Al momento de la siembra se desinfectó el lugar con

Prevalor (Propamocarb + Fosetil) en dosis de 1 ml/L y utilizando un volumen de 100 cc/planta de la solución, también se colocó un drench de Rootex para estimular el sistema radicular en dosis de 5 g/L y este procedimiento se realizó 3 veces cada 8 días.

Fertilización

La fertilización se realizó todas las semanas tanto en el sistema de riego y de forma foliar, para lo cual se utilizó los siguientes insumos: Barrier 5 ml/L, Cosmo K 2,5 g/L, Maxigrow 1,25 ml/L, Trazex Multi 1,25 g/L, Yara vita Magtrac 5 ml/L, Mainstay Calcio 5 ml/L, Nitrocell 5 g/L, Aminocell 2,5 g/L, Biosolar 5 ml/L, Fosfato monopotásico 10 g/L, Nitrato de amonio 3 g/L, Sulfato de potasio 2,5 g/L, Sulfato de Magnesio 2,5 g/L.

Aplicación de las hormonas comerciales

La primera aplicación de las hormonas se realizó a los 17 días después del trasplante y la segunda a los 10 días, para lo cual previo a la aplicación se calibro el volumen por planta para que la dosificación sea correcta. Para esta labor se utilizó una bomba de aspersión a motor.

Monitoreo de flores

A los 45 días después del trasplante se realizó un monitoreo de estructuras florales, para lo cual se utilizó una lupa y un microscopio de bolsillo, donde se realizó un corte transversal y se observó el tipo de estructura encontrada. En el caso de ser una flor femenina se procedía a eliminar las plantas.

Mantenimiento del ensayo

Durante el ensayo se aplicó de forma preventiva insumos fitosanitarios, como fungicidas se utilizó el Fitoraz 2,5 g/L y Daconil 2 ml/L de manera alternada. En insecticidas se aplicó en el ensayo Movento Smart 0,5 ml/L y Abamectina 0,5 ml/L realizando una rotación de los dos.

Para las aplicaciones de los productos foliares y fitosanitarios, se utilizó la bomba de aspersión manual y a motor. El sistema de fertiriego se utilizó dos veces por semana, un día para riego solo con agua y el otro día con aplicación de fertilizantes con macro y micronutrientes.

Sexaje de plantas

Esta labor se realizó a los 69 días después del transplante, para lo cual se utilizó un machete previamente desinfectado con amonio cuaternario, eliminando las plantas que no tenían flores hermafroditas.

Luego de esta actividad se desinfecto los cortes con oxiclورو de cobre en dosis de 2 g/L de agua aplicado con una bomba de aspersión manual.

Evaluación final y registro de datos

El registro de datos se realizó utilizando tablas con referencias bibliográficas para la medición de cada una de las variables y una libreta de campo.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Altura de la planta

Tabla 7.

Análisis de varianza de la altura de planta en función de los días

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios					p-valor				
		15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días
Tratamientos	6	1,84	119,58	370,46	245,43	190,69	0,5345	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
A: Promotores	2	2,16	216,74	397,16	195,95	150,33	0,389	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D: Dosis	1	1,41	44,41	73,01	41,07	88,75	0,4318	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001
Interacción AxB	2	1,44	91,24	207,91	28,84	3,23	0,53	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,045
C1 = Testigo Vs resto	1	725,77	57,1	939,59	981,94	748,25	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C2 = T6 vs T1, T2, T3, T4, T5	1	0,17	276,62	19,58	2,18	0,08	0,8677	<0,0001	0,0276	0,2664	0,8237
C3 = T5 vs T1, T2, T3, T4	1	125,44	35,64	53	3,57	49,14	0,0001	<0,0001	0,0007	0,1581	<0,0001
C4 = T4 vs T1, T2, T3	1	49,32	5,7	3,46	24,45	11,7	0,0073	0,0507	0,3374	0,0007	0,0098
C5 = T3 vs T1, T2	1	92,23	249,99	1090,83	430,17	317,53	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C6 = T2 vs T1	1	36,86	92,42	116,28	30,28	17,42	0,0185	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0021
Error	28	2,14	1,37	3,63	1,70	1,52					
Total	34										
Tratamientos	6										
CV (%)		9,49	3,18	3,16	1,43	1,15					

La tabla 7, expone que, en cuanto a la variable altura de planta, se observó diferencias significativas desde el día 30 a 60 de evaluación puesto que, el p-valor fue de $<0,0001$ bajo un nivel de significancia del 5%. Para los tratamientos, el factor A (Promotores) y el factor B (Dosis) y la interacción AxB; no obstante, en el día 75 sólo se determinó diferencias para los tratamientos, el factor A y B mas no para la interacción.

Sin embargo, conforme al análisis de los contrastes el efecto estuvo determinado por el Testigo vs el resto ya que se mantuvo constante con un p-valor de $<0,0001$ desde el día 15 hasta el día 75; además, el porcentaje del CV en el tiempo de estudio no superó el 10% lo que demuestra la consistencia de los datos obtenidos.

Diámetro de tallo

Tabla 8.

Análisis de varianza del diámetro de tallo en función de los días

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios					p-valor				
		15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días
Tratamientos	6	0,81	2,11	7,07	6,79	72,45	0,3885	0,0283	0,0346	0,0917	<0,0001
A: Promotores	2	0,51	2,45	7,97	13,38	2,98	0,519	0,0541	0,0887	0,0457	0,0452
D: Dosis	1	3,01	5,21	2,95	4,41	25,58	0,0568	0,0141	0,3291	0,2923	0,7444
Interacción AxB	2	0,38	0,92	8	4,45	182,58	0,6121	0,3085	0,0878	0,3272	0,1226
C1 = Testigo Vs resto	1	0,07	0,72	7,54	0,65	37,97	0,768	0,335	0,1015	0,6605	0,0469
C2 = T6 vs T1, T2, T3, T4, T5	1	0,06	5,19	31,37	1,69	32,39	0,7844	0,0136	0,0018	0,4813	0,0651
C3 = T5 vs T1, T2, T3, T4	1	0,44	0,0016	0,1	0,24	4,12	0,4478	0,9635	0,8498	0,7896	0,499
C4 = T4 vs T1, T2, T3	1	1,23	0,6	3,31	12,97	77,75	0,2059	0,3783	0,2713	0,0576	0,006
C5 = T3 vs T1, T2	1	0,13	2,19	0,07	13,07	62,5	0,6734	0,0985	0,8671	0,0567	0,0126
C6 = T2 vs T1	1	2,92	3,97	0,03	12,1	219,96	0,0562	0,029	0,923	0,0661	0,0469
Error	28	0,74	0,75	2,63	3,31	8,78					
Total	34										
Tratamientos	6										
CV (%)		9,49	5,52	8,39	7,84	7					

La tabla 8, expone que, en cuanto a la variable diámetro de tallo se observó diferencias significativas en el día 30 de evaluación puesto que, el p-valor fue de $<0,0001$ bajo un nivel de significancia del 5%. Para los tratamientos y el factor B (Dosis); mientras que, durante el día 45 y 75 sólo se evidenció diferencias en los tratamientos.

Sin embargo, conforme al análisis de los contrastes el efecto en los días 30 y 45 estuvo determinado por T6 vs T1, T2, T3, T4 y T5 ya que presentó un p-valor de 0,0136 y 0,0018 respectivamente, pero para el día 75 el efecto lo definió T4 vs T1, T2 y T3 con 0,006; además, el porcentaje del CV en el tiempo de estudio no superó el 10% lo que demuestra la consistencia en los datos obtenidos.

Días a la floración

Tabla 9.

Análisis de varianza de los días a la floración

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamientos	6	73,09	12,18	19,38	<0,0001
A: Promotores	2	25,8	12,9	20,48	<0,0001
D: Dosis	1	2,13	2,13	3,38	0,0752
Interacción AxB	2	1,27	0,63	1,00	0,3733
C1 = Testigo Vs resto	1	43,89	43,89	69,82	<0,0001
C2 = T6 vs T1, T2, T3, T4, T5	1	6	6	9,55	0,0045
C3 = T5 vs T1, T2, T3, T4	1	0,25	0,25	0,4	0,5334
C4 = T4 vs T1, T2, T3	1	7,35	7,35	11,69	0,0019
C5 = T3 vs T1, T2	1	14,7	14,7	23,39	<0,0001
C6 = T2 vs T1	1	0,9	0,9	1,43	0,2415
Error	28	17,6	0,63		
Total	34	90,69			
CV (%)	1,19				

La tabla 9, expone que, en cuanto a la variable días a la floración se observó diferencias significativas ya que, el p-valor fue de <0,0001 bajo un nivel de significancia del 5%; para los tratamientos y el factor A (Promotores).

Sin embargo, conforme al análisis de los contrastes el efecto estuvo determinado por el Testigo vs el resto y T3 vs T1, T2 debido a que, el p-valor fue <0,0001; además, el porcentaje del CV en el tiempo de estudio fue menor al 10% lo que demuestra la consistencia en la evaluación de los datos estadísticos.

Altura de la primera flor

Tabla 10.

Análisis de varianza para la variable altura de la primera flor

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamientos	6	2222,74	370,46	102,11	<0,0001
A: Promotores	2	794,32	397,16	109,41	<0,0001
D: Dosis	1	73,01	73,01	20,11	<0,0001
Interacción AxB	2	415,81	207,91	57,28	<0,0001
C1 = Testigo Vs resto	1	939,59	939,59	258,99	<0,0001
C2 = T6 vs T1, T2, T3, T4, T5	1	19,58	19,58	5,4	0,0276
C3 = T5 vs T1, T2, T3, T4	1	53	53	14,61	0,0007
C4 = T4 vs T1, T2, T3	1	3,46	3,46	0,95	0,3374
C5 = T3 vs T1, T2	1	1090,83	1090,83	300,68	<0,0001
C6 = T2 vs T1	1	116,28	116,28	32,05	<0,0001
Error	28	101,58	3,63		
Total	34	2324,32			
CV (%)	2,68				

La tabla 10, expone que, para la variable altura de la primera flor se observó diferencias significativas ya que, el p-valor fue de <0,0001 bajo un nivel de significancia del 5%; para los tratamientos, el factor A (Promotores), el factor B (Dosis) y la interacción AxB.

Sin embargo, conforme al análisis de los contrastes el efecto estuvo determinado por el Testigo vs el resto, T3 vs T1, T2 y T2 vs T1; debido a que, el p-valor fue <0,0001. Además, el porcentaje del CV en el tiempo de estudio fue menor al 10% lo que demuestra la consistencia en los datos obtenidos.

Altura del primer fruto cuajado

Tabla 11.

Análisis de varianza para la variable altura al primer fruto cuajado

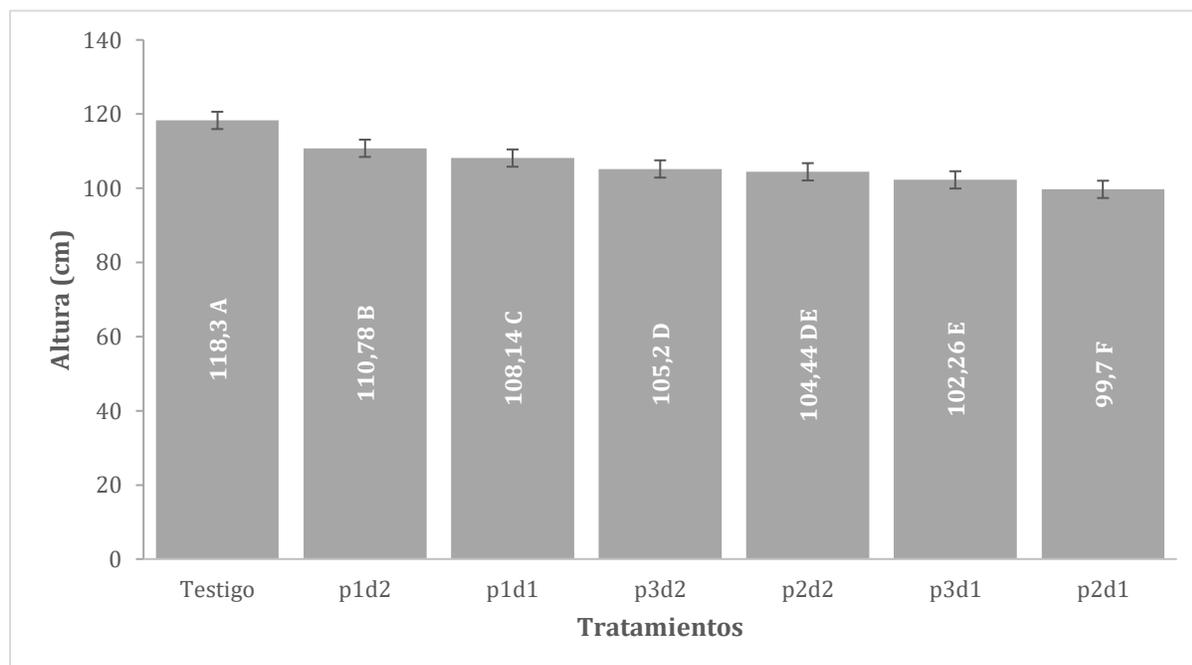
Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamientos	6	1029,79	171,63	29,12	<0,0001
A: Promotores	2	221,32	110,66	18,79	<0,0001
D: Dosis	1	0,09	0,09	0,02	0,9037
Interacción AxB	2	82,61	41,31	7,01	0,0035
C1 = Testigo Vs resto	1	725,77	725,77	123,12	<0,0001
C2 = T6 vs T1, T2, T3, T4, T5	1	0,17	0,17	0,03	0,8677
C3 = T5 vs T1, T2, T3, T4	1	125,44	125,44	21,28	0,0001
C4 = T4 vs T1, T2, T3	1	49,32	49,32	8,37	0,0073
C5 = T3 vs T1, T2	1	92,23	92,23	15,65	0,0005
C6 = T2 vs T1	1	36,86	36,86	6,25	0,0185
Error	28	165,05	5,89		
Total	34	1194,84			
CV (%)	2,07				

La tabla 11, demuestra que, en el caso de la variable altura al primer fruto cuajado se observó diferencias significativas ya que, el p-valor fue de <0,0001 bajo un nivel de significancia del 5%; para los tratamientos, el factor A (Promotores) y la interacción AxB.

Sin embargo, conforme al análisis de los contrastes el efecto estuvo determinado mayoritariamente por el Testigo vs el resto, T5 vs T1, T2, T3, T4 y T3 vs T1, T2 debido a que, el p-valor fue de <0,0001, 0,0001 y 0,0005 respectivamente. Además, el porcentaje del CV en el tiempo de estudio fue menor al 10% lo que demuestra la consistencia en los datos obtenidos.

Figura 3.

Prueba de significancia de altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.

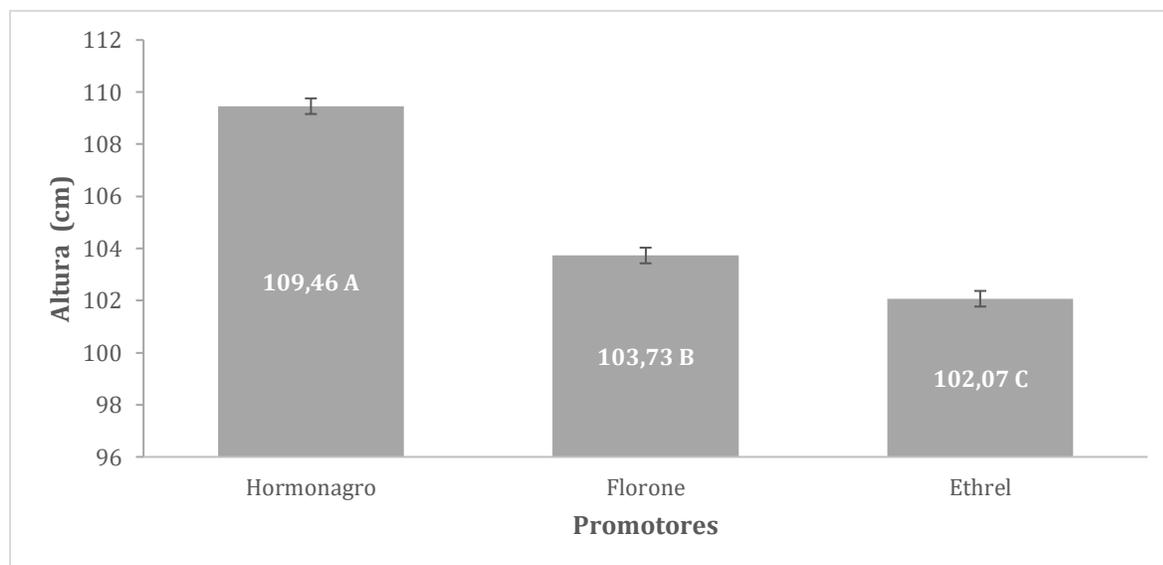


Las comparaciones ortogonales demostraron que los tratamientos fueron diferentes entre sí ya que se evidenció diferencias significativas en la última evaluación a excepción de T6 vs T1, T2, T3, T4, T5. Por lo cual, se determinó que los promotores y las dosis empleadas sí provocaron efecto sobre el crecimiento de las plantas de papaya.

En cuanto a la altura de planta en la figura 2, se observa que, la cantidad más alta se determinó en el Testigo con 118,30 cm; es decir, que superó a p1d2 (Hormonagro – 0,125 ml/L) alrededor de 7,52 puntos. Por otra parte, las alturas más reducidas se hallaron en p2d1 (Ethrel – 0,1 ml/L) y p3d1 (Florene – 0,1 ml/L) con 99,7 cm y 102,26 cm respectivamente.

Figura 4.

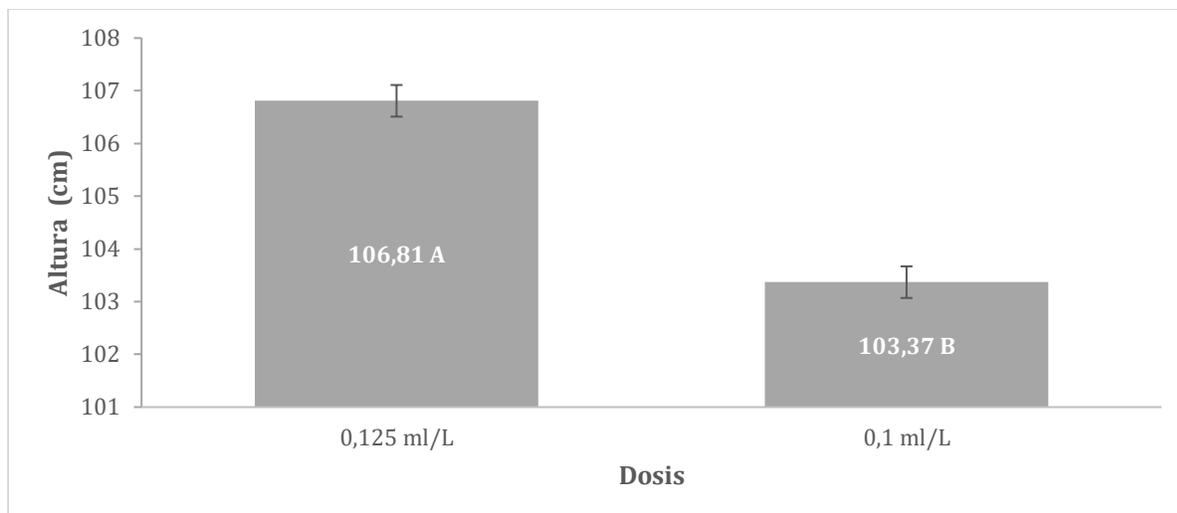
Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Para la variable altura de planta, se demostró que el factor A (promotores) tuvieron diferencias entre sí al finalizar el estudio. Por lo cual, se determinó que los promotores tienen efecto sobre el crecimiento de las plantas de papaya. En cuanto a la altura de planta en la figura 3, se observa que, Hormonagro generó mayor crecimiento con 109,46 cm, superando a Florene y Ethrel con 103,73 cm y 102,07 cm de manera respectiva.

Figura 5.

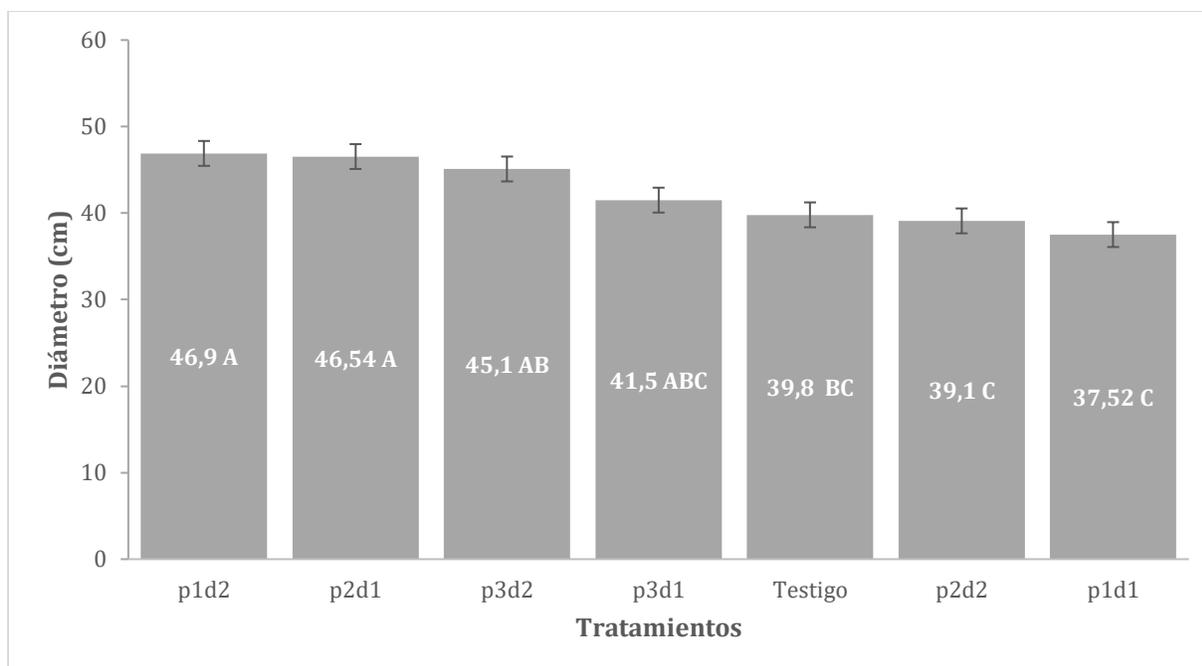
Prueba de significancia para el efecto de las dosis sobre la altura de planta en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Para la variable altura de planta, se demostró que el factor B (dosis) presentaron diferencias significativas al finalizar el estudio. Por lo cual, se dedujo que las dosis tienen efecto sobre el crecimiento de las plantas de papaya. En cuanto a la altura de planta en la figura 4, se observa que, con la dosis de 0,125 ml/L se obtuvo 106,81 cm a diferencia de la dosis de 0,1 ml/L que alcanzó 103,37 cm.

Figura 6.

Prueba de significancia para el diámetro de tallo en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.

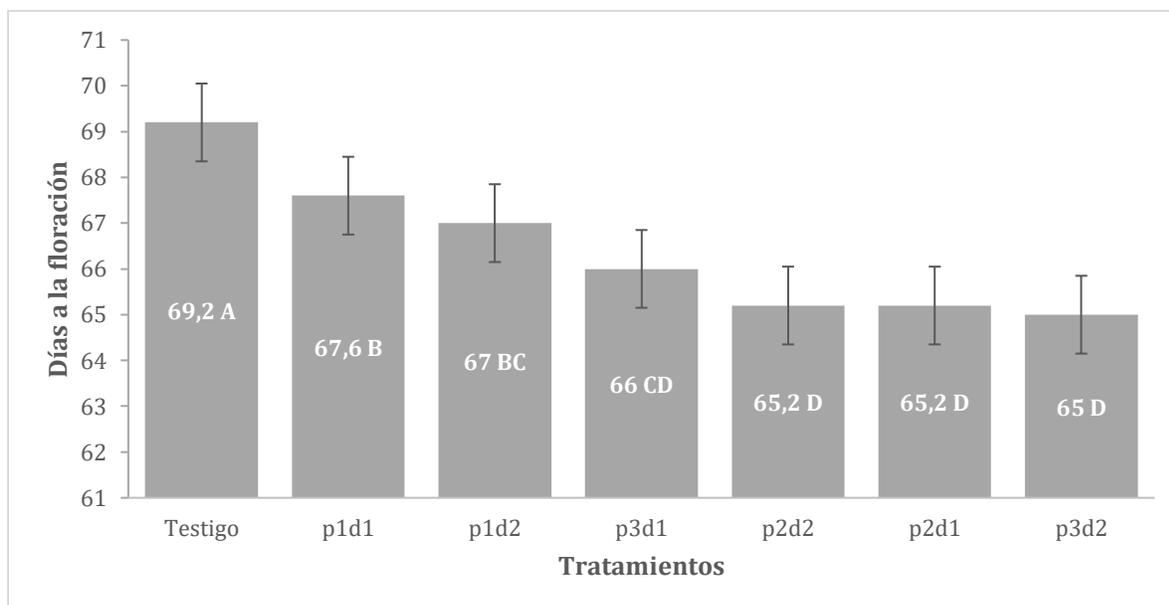


Las comparaciones ortogonales demostraron que los tratamientos fueron diferentes entre sí para la variable diámetro de planta ya que se evidenció diferencias significativas en la última evaluación a excepción del Testigo vs resto; T6 vs T1, T2, T3, T4, T5; y T5 vs T1, T2, T3, T4. Por lo cual, se determinó que los promotores y las dosis empleadas sí provocaron efecto sobre el diámetro de las plantas de papaya.

Para el diámetro de tallo en la figura 5, se observa que, el menor grosor se determinó entre p2d2 (Ethrel – 0,125 ml/L) y p1d1 (Hormonagro – 0,10 ml/L) con 3,752 y 3,910 cm respectivamente. Por otra parte, los tratamientos con mayor diámetro en p1d2 (Hormonagro – 0,125 ml/L) y p2d1 (Ethrel – 0,1 ml/L) con 4,69 cm y 4,654 cm respectivamente.

Figura 7.

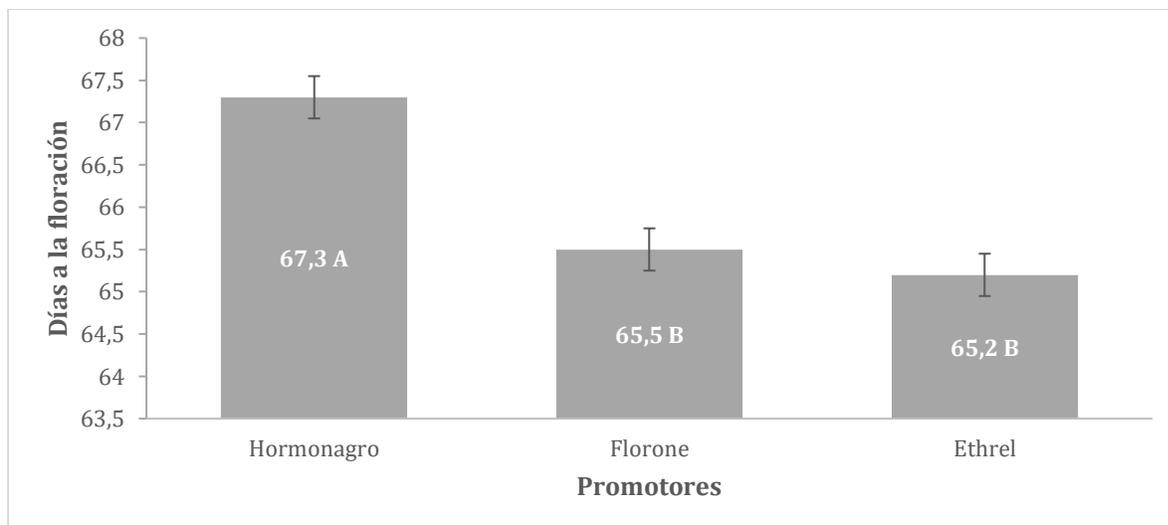
Prueba de significancia para los días a la floración en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Las comparaciones ortogonales demostraron que los tratamientos fueron diferentes entre sí, a excepción T5 vs T1, T2, T3, T4. Por lo cual, se determinó que los promotores y las dosis empleadas sí provocaron efecto sobre los días a la floración en las plantas.

En la figura 6, se observa que, la menor cantidad de días a floración se dio en p3d2 (Florone – 0,125 ml/L), p2d1 (Ethrel – 0,1 ml/L) y p2d2 (Ethrel – 0,125 ml/L) con 65 y 65,2 respectivamente. Por otra parte, el testigo presentó mayor retraso para esta etapa con 69,2 días; es decir alrededor de 2,5 días más que p1d1 (Hormonagro – 0,1 ml/L).

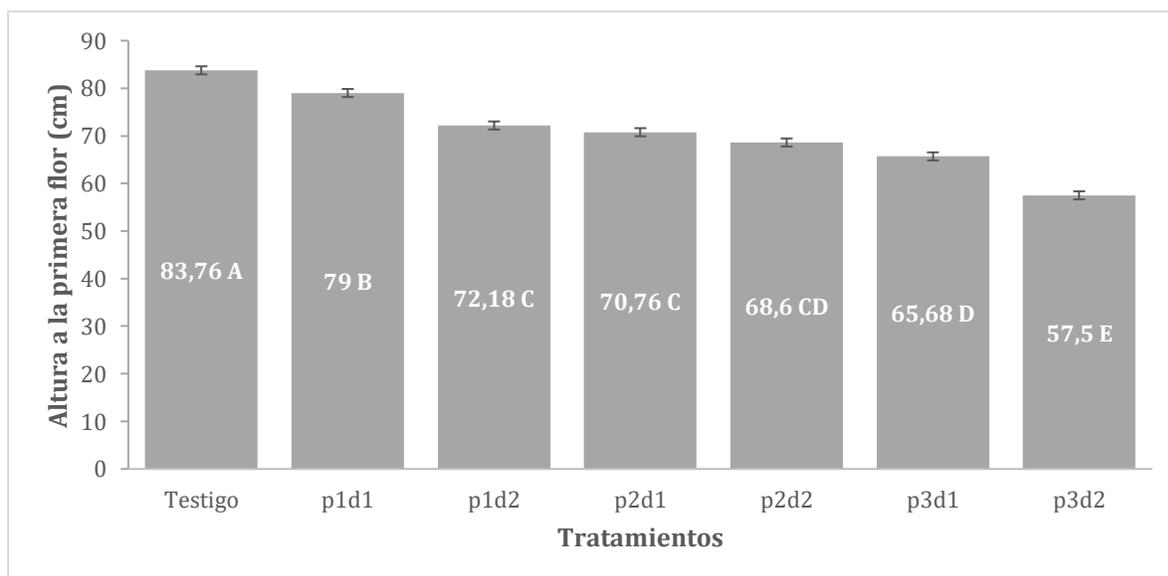
Figura 8. Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre los días a la floración en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Se demostró que los promotores (Factor A) tuvieron diferencias entre sí al finalizar el estudio. Por lo cual, se determinó que los promotores tienen efecto sobre los días a la floración de la papaya; donde se observa que, Hormonagro generó una mayor cantidad de días a la floración (67,30) sobre Florone (65,50) y Ethrel con 65,20 días.

Figura 9.

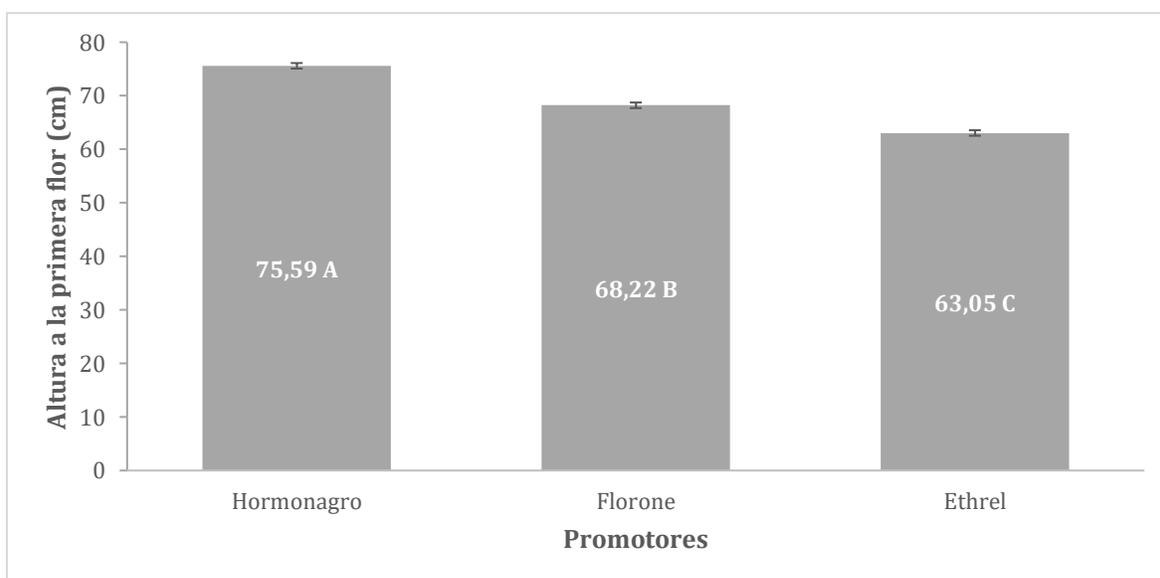
Prueba de significancia para la altura a la primera flor en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Las comparaciones ortogonales demostraron que los tratamientos fueron diferentes entre sí ya que se evidenció diferencias significativas en la última evaluación a excepción de T4 vs T1, T2, T3. Por lo cual, se determinó que los promotores y las dosis empleadas sí provocaron efecto sobre la altura a la primera flor. En la figura 8, se observa que, la menor altura a la primera flor se logró en p3d2 (Florone – 0,125 ml/L – 57,50 cm) versus el testigo que alcanzó 83,76 días.

Figura 10.

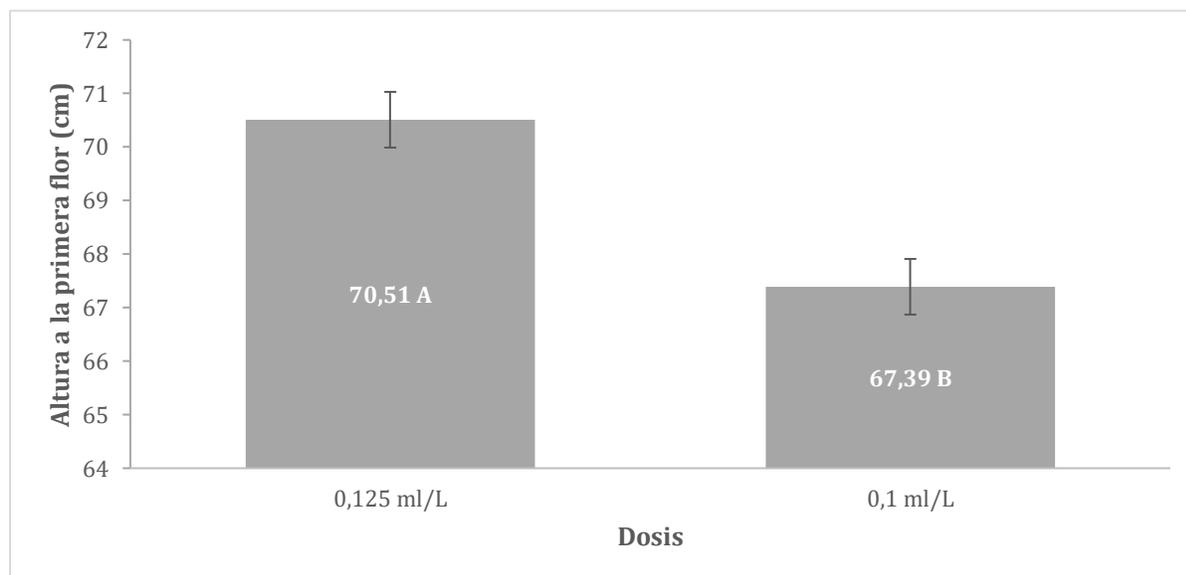
Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura a la primera flor en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Para la variable altura a la primera flor, se demostró que el factor A (promotores) presentó diferencias entre sí. Por lo cual, se determinó que los promotores tienen efecto sobre la altura a la primera flor en papaya. En cuanto a la altura de planta en la figura 9, se observa que, Hormonagro generó mayor longitud con 75,59 cm, superando a Florene y Ethrel con 68,22 cm y 63,05 cm de manera respectiva.

Figura 11.

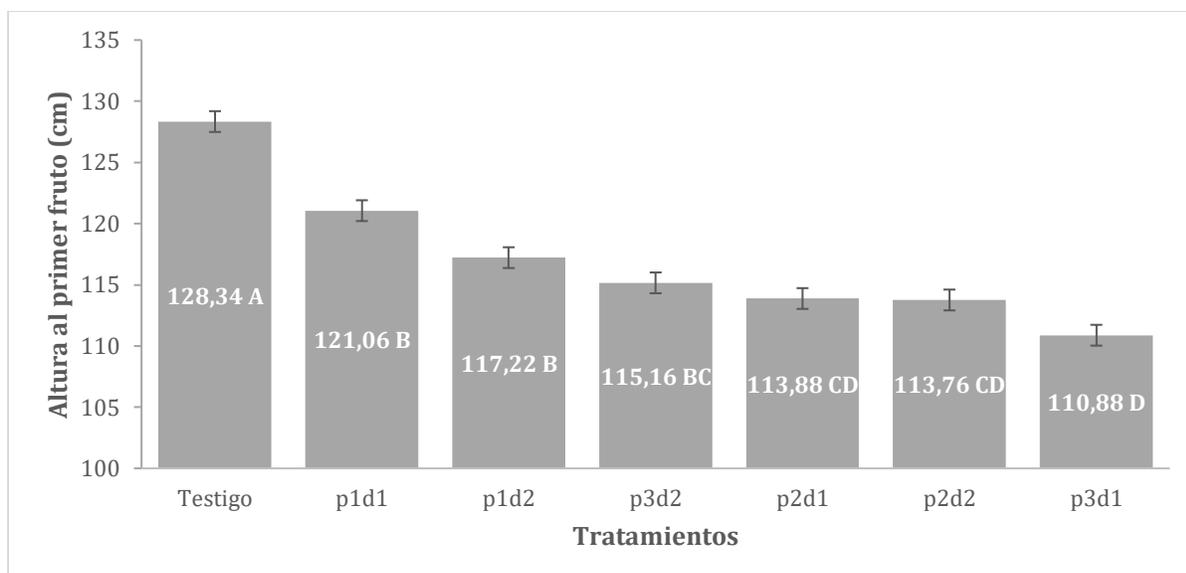
Prueba de significancia para el efecto de las dosis sobre la altura a la primera flor en la última evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Para la variable altura a la primera flor, se demostró que el factor B (dosis) tuvo diferencias significativas. Por lo cual, se dedujo que las dosis tienen efecto sobre la altura a la primera flor. En la figura 10, se observa que, con la dosis de 0,125 ml/L se obtuvo 70,51 cm a diferencia de la dosis de 0,1 ml/L que alcanzó 67,39 cm.

Figura 12.

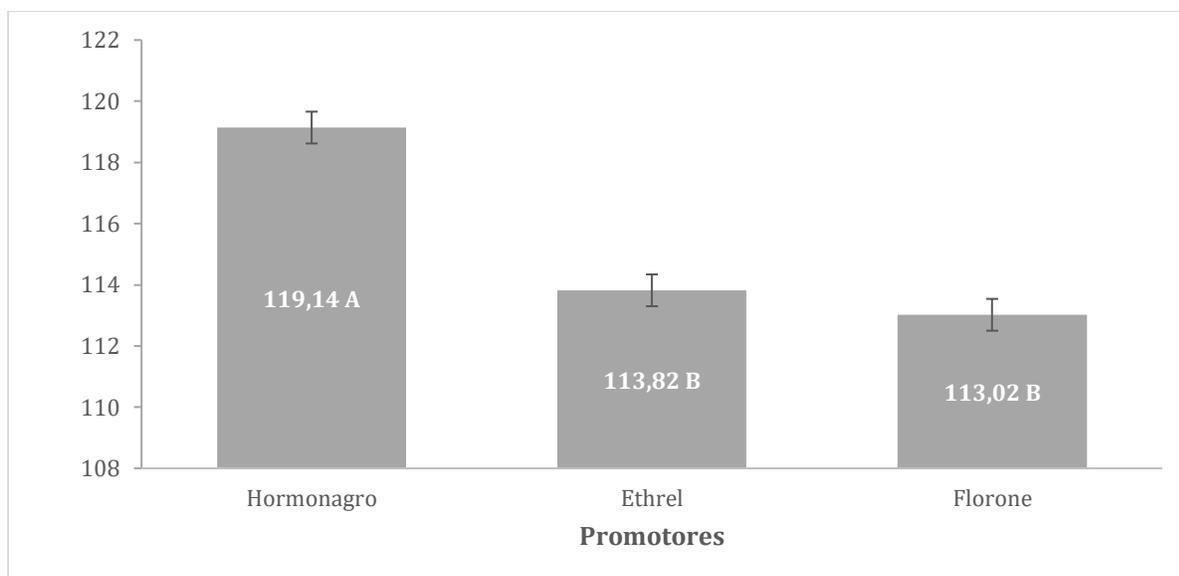
Prueba de significancia para la altura al primer fruto en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Las comparaciones ortogonales demostraron que los tratamientos fueron diferentes entre sí ya que se evidenció diferencias significativas en todos los contrastes a excepción de T6 vs T1, T2, T3, T4, T5. Por lo cual, se determinó que los promotores y las dosis empleadas sí provocaron efecto sobre la altura al primer fruto. En la figura 11, se observa que, la menor longitud se logró en p3d1 (Florone – 0,10 ml/L) – 110,88 cm, seguida de manera ascendente por p2d2 (Ethrel – 0,125 ml/L) y p2d1 (Ethrel – 0,10 ml/L) frente al testigo que alcanzó la mayor longitud con 128,34 cm.

Figura 13.

Prueba de significancia para el efecto de los promotores sobre la altura al primer fruto en la evaluación de la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana con fines de sexaje.



Para la variable altura al primer fruto, se demostró que el factor A (promotores) presentó diferencias entre sí. Por lo cual, se determinó que los promotores tienen efecto sobre la altura al primer fruto. En la figura 12, se observa que, Hormonagro generó mayor longitud con 119,14 cm, superando a Florene y Ethrel con 113,82 cm y 113,02 cm respectivamente.

Descripción	Infraestructura		Actividades				Insumos			Costo (\$)/tratamiento							
	Costo total	Depreciación anual		Costo (\$)/diario	Costo (\$)/Hora	Nº Horas	Nº Jornales	Costo Total (\$)	Precio (\$)	Costo (\$)/m/g/kg	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5	T6
		5 años	2 años														
Costo de fungicidas (\$)											0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Movento Smart (100 ml)								12,85	0,1285		0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Abamectina (100 ml)								18,5	0,185		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Costo de insecticidas (\$)											0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Rootex (1000 g)								30	0,03		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Nitrato de amonio (50 kg)								40	0,8		1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Trazex Multi (1 kg)								22	0,022		0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
MaxiGrow (250 ml)								12,5	0,05		1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Fosfato monopotásico (25 kg)								80	3,2		2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
Sulfato de Potasio (25 kg)								50	0,5		0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Sulfato de Magnesio (25 kg)								20	1,25		0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Cosmo K (1 kg)								29	0,029		0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Mainstay Calcio (5 l)								73	0,0146		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Barrier (5 l)								105	0,021		0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Nitrocell (1 kg)								13,75	0,01375		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
YaraVita MagTrac (1 l)								15	0,015		0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Aminocell (1 kg)								62	0,062		0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Biosolar (500 ml)								8,25	0,0165		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Costos de nutrición (\$)											9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
Costo de actividades e insumos (\$)/tratamiento a los 75 días											89,15	89,20	89,21	89,19	89,20	89,24	89,26

Descripción	Infraestructura		Actividades		Insumos		Costo (\$)/tratamiento										
	Costo total	Depreciación anual		Costo (\$)/diario	Costo (\$)/Hora	Nº Horas	Nº Jornales	Costo Total (\$)	Precio (\$)	Costo (\$)/ m/lg/kg	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5	T6
		5 años	2 años														
Costo de producción (\$)/ tratamiento a los 75 días en 1 ha											\$5.822,84	\$5.826,04	\$5.826,84	\$5.825,36	\$5.825,98	\$5.828,39	\$5.829,78
Costo de inducción (\$) en 1 ha											\$0,00	\$3,20	\$4,00	\$2,51	\$3,14	\$5,55	\$6,94
(%) Intervención de la infraestructura en los CP											83,36	83,31	83,30	83,32	83,31	83,28	83,26
(%) Intervención de la inducción en los CP											-	0,05	0,07	0,04	0,05	0,10	0,12
Altura al primer fruto (cm)											128,34	121,06	117,22	113,88	113,76	110,88	115,16
Diferencia final a la altura de fruto (cm)											0,00	7,28	11,12	14,46	14,58	17,46	13,18
Regla: cada 2,83 cm = 1 fruto											0,00	2,57	3,93	5,11	5,15	6,17	4,66
Número de plantas/ha														2286			
Frutos/planta al año y 8 meses														200			
Rendimiento esperado/ha											457200	463081	466182	468880	468977	471304	467846
Peso/fruta (kg) (estimado)														0,475			
Peso fruta/ ha (estimado)											217170,00	219963,28	221436,66	222718,19	222764,24	223869,27	222227,07
Precio (kg) mercado nacional														0,4			
Ingreso bruto (\$) / mercado nacional											86868,00	87985,31	88574,66	89087,28	89105,70	89547,71	88890,83
Precio (kg) mercado exterior														1,25			
Ingreso bruto (\$) / mercado exterior											271462,50	274954,10	276795,83	278397,74	278455,30	279836,59	277783,84

Descripción	Infraestructura		Actividades		Insumos		Costo (\$)/tratamiento										
	Costo total	Depreciación anual		Costo (\$)/diario	Costo (\$)/Hora	Nº Horas	Nº Jornales	Costo Total (\$)	Precio (\$)	Costo (\$) / ml/g/kg	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5	T6
		5 años	2 años														
Ganancia: I.B (\$) - CP (\$) a los 75 días/tratamiento – MN											\$81.045,16	\$82.159,27	\$82.747,82	\$83.261,92	\$83.279,71	\$83.719,32	\$83.061,05
Ganancia: I.B (\$) - CP (\$) a los 75 días/tratamiento - ME											\$265.639,66	\$269.128,06	\$270.968,99	\$272.572,39	\$272.629,31	\$274.008,20	\$271.954,05
Relación B/C - MN											\$13,92	\$14,10	\$14,20	\$14,29	\$14,29	\$14,36	\$14,25
Relación B/C - ME											\$45,62	\$46,19	\$46,50	\$46,79	\$46,80	\$47,01	\$46,65

En la tabla 12, se observa que el costo por inducción a la floración de los tratamientos va desde los \$3,20 a \$6,94 por hectárea, representando entre 0,05 a 0,12% de los costos de producción hasta los 75 días de evaluación (\$83,31 a \$83,36) bajo condiciones controladas.

Por otra parte, se observa también, que el cuajado de frutos a alturas más reducidas es beneficioso puesto que se produce una mayor cantidad de frutas por planta; puesto que en este híbrido se produce una fruta cada 2,83 cm de tal manera que al estimar la producción de las plantas hasta los 20 meses de vida se obtendrían 223869,27 kg/ha cuando se utiliza Florene – 0,10 ml/L lo que se traduciría en una ganancia de \$83719,32 en el mercado nacional y \$274008,20 si se destina la fruta hacia el mercado internacional; estos valores se obtendrían reduciendo el costo de producción de los 75 días de evaluación.

Por lo tanto, al aplicar el tratamiento con Florene – 0,10 ml/L la relación B/C en el mercado nacional sería de \$14,36 y \$47,01 para el mercado exterior; cabe recalcar que el costo por inversión en infraestructura abarca gran parte de los costos de producción

en este análisis con el 83,28% para este tratamiento. Por el contrario, al llevarse a cabo el cultivo de manera convencional, la relación B/C se sitúa en \$13,92 en el mercado interno y \$45,62 en el mercado exterior.

Discusión

El sexaje es una herramienta de importancia para los productores de papaya, puesto que esta especie es tríoica es decir que, las plantas pueden ser masculinas, hermafroditas o femeninas (Barrantes y otros, 2019); en la papaya tipo solo sunrise se ha determinado que las plantas hermafroditas generan 1/3 de plantas femeninas y 2/3 de plantas masculinas, de tal manera que para plantaciones comerciales de este tipo se remueven las plantas femeninas y se dejan aquellas que son hermafroditas (Jiménez J. , 2002).

Una de las características de importancia para la selección de plantas es la altura, ya que para la papaya hawaiana se requieren plantas de baja estatura (Jiménez J. , 2002). Los valores obtenidos en cuanto a la altura de planta en este estudio demostraron un rango de altura más reducido en todos los tratamientos, puesto que el rango determinado para los 75 días fue de 99,7 cm hasta 118,30 cm; mientras que, Murillo (2022) determinó en papaya Hawaiana (Solo-sunrise) un promedio de 124,82 cm a 127,88 cm a los 75 días luego de haber aplicado ácido salicílico en la inducción floral. No obstante, en cuanto a diámetro de tallo a los 75 días se observó un promedio de 3,75 cm a 4,69 cm en este estudio, valor que fue superior frente al reportado por Murillo (2022) quien reportó un rango entre 9,57 cm a 10,68 cm.

Para los días a la floración Murillo (2022) reportó un rango situado entre 64 hasta 67 ± 3 días; rango dentro del cual se encuentran los valores obtenidos en esta investigación, solo para el caso de los tratamientos exceptuado el testigo (69,20 días), ya que el rango reportado fue de 65 hasta 67,6 días.

En cuanto a la altura de aparición de la primera flor, Barrantes et al., (2019) reportaron valores entre 62,90 cm y 70,31 cm; que son similares a p3d1 (65,68 cm) hasta p1d2 (72,18

cm), pero no para p3d2 (57,50 cm) que obtuvo menor altura de inserción, mientras que, el testigo (87,76 cm) y p1d1 (79 cm) en este caso demostraron mayor altura.

Conforme a Alonso et al., (2008) la altura de planta y la altura a la primera flor son útiles en los programas de mejoramiento de genotipos pequeños ya que permiten cosechar de mejor manera a la vez que, reducen los costos de producción

Barrantes et al., (2019) identificaron la aparición del primer fruto cuajado a las 18 semanas de vida en el híbrido Pococí, donde se determinaron alturas promedio entre 89,12 a 99,08 cm, que fueron por mucho, inferiores a los obtenidos en este estudio (110,88 cm-p3d1 a 128,34 cm- testigo).

El ethepon o químicamente conocido como ácido 2-cloroetilfosfónico es una sustancia ampliamente conocida por su utilidad para inducir la floración especialmente en la piña (Aucique & Romero, 2012). No obstante, se conoce que el etileno puede inhibir el alargamiento del tallo, pero al ser utilizado en bajas cantidades; sin embargo, cuando estas se incrementan el etileno modula el equilibrio entre el ácido giberélico y el ácido abscísico (ABA) induciendo su alargamiento (Duan y otros, 2018), lo que sustenta los niveles de altura más reducidos con el uso de Ethrel y la dosis de 0,10 ml/L

Por otra parte, los niveles de etileno influyen en los circuitos genéticos que integran diferentes señales para la regulación del momento de la floración (Ferrante y otros, 2017); lo que explicaría la reducción de tiempo en cuanto a los días a la floración al utilizar este insumo.

Entre tanto, el rol de los aminoácidos se ha documentado ampliamente para el crecimiento de las plantas, ya que actúan como precursores de la biosíntesis de proteínas y mejoran la absorción de nutrientes (Annapure y otros, 2023); mientras que, las aplicaciones de ácido 1- Nafatalenacético, incrementaron la altura de las plantas debido a que este producto es

una auxina, la cual, está encargada de la expansión celular (Burgos y otros, 2009); lo que indicaría la diferencia de alturas con respecto al ethrel y el ácido 1-Naftalenacético.

Capítulo V

Conclusiones

Con la aplicación de diferentes tratamientos para la inducción de la floración en el cultivo de papaya hawaiana se determinó que el mejor tratamiento fue Florone – 0,10 ml/L, ya que la altura alcanzada al primer fruto cuajado fue de 110,88 cm. y la altura a la primera flor y los días a la floración fueron los más bajos con Florone en dosis 0,125 ml, alcanzando 57,50 cm y 65 días respectivamente. Por otro lado, la altura a la primera flor y los días a la floración fueron más bajos con Florone – 0,125 ml, puesto que se alcanzó 57,50 cm y 65 días respectivamente.

Los insumos Florone y Ethrel aceleraron la aparición de las primeras estructuras florales presentándose las mismas a partir de los 40 días.

Conforme al análisis B/C, el tratamiento de mayor beneficio fue Florone – 0,10 ml obteniéndose \$14,36 por cada dólar invertido, si la producción se destina al mercado nacional y si es para el mercado internacional, el rendimiento sería de \$47,01.

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de Florone – 0,10 ml/L o Ethrel – 0,10 ml/L para acelerar el proceso de floración y reducir la altura de las plantas durante la fructificación.

Se debe continuar con la investigación de aplicación de hormonas más aminoácidos (Florone – 0,10) puesto que su costo es el más bajo del resto de tratamientos y la generación de beneficios es mayor.

Para la aplicación de hormonas se debe considerar las dosis exactas recomendadas, así como el uso de una jeringa de insulina, puesto que se observó que cantidades menores a una décima causan toxicidad y retraso en la producción de fruta.

Capítulo VI

Bibliografía

- Alcantara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129.
<https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alonso, M., Castro, J., Farrés, E., Ramos, R., Rodríguez, M., & Tornet, Y. (2008). Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. *Cultivos Tropicales*, 29(2).
https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200010
- Annapure, U., Mahajan, W., & Vishal, S. (2023). Effect of amino acids on growth, elemental content, functional groups, and essential oils composition on hydroponically cultivated coriander under different conditions. *Industrial Crops and Products*, 197(116577).
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116577>
- Armas, F. (12 de Septiembre de 2012). Manual Técnico para el pequeño agricultor.
- Aucique, C., & Romero, H. (2012). Efecto del etileno en el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*. Jacq.), en fase de vivero. *Ceniavances*.
<https://doi.org/https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/ceniavances/article/viewFile/10631/10618>
- Barrantes, W., Gómez, L., & Loría, C. (2019). Evaluación de dos sistemas de sexado en plantas de papaya (*Carica papaya*) híbrido Pococí. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 437-446.
<https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34916>

- Burgos, A., Cenóz, P., & Prause, J. (2009). Efecto de la aplicación de auxinas sobre el proceso de enraizamiento de estacas de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista UDO aGRÍCOLA*, 9(3), 539-546.
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3358191.pdf>
- Chemonics International. (2009, Febrero). Cultivo de la Papaya (Carica papaya). CENIDA – UNA. Retrieved August 26, 2023, from
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01C965c.pdf>
- Cruz, M., & Portal, O. (diciembre de 2010). Estrategias para la obtención de plantas transgénicas de papaya con resistencia al Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV). *Vol. 10(4): 195 - 207*.
- Duan, L., Fang, H., Li, Z., Zhang, M., & Zhang, V. (2018). Analysis of the genetic basis of plant height-related traits in response to ethylene by QTL mapping in maize (*Zea mays* L.). *Plos One*, 13(2), 193072. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193072>
- Espinoza, I. (2015). *Análisis Sectorial Papaya*. PROECUADOR:
<https://www.proecuador.gob.ec/>
- Ferrante, A., Francini, A., Iqbal, N., Khan, M., Khan, N., & Trivellini, A. (2017). Ethylene Role in Plant Growth, Development and Senescence: Interaction with Other Phytohormones. *Frontiers Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00475>
- Hueso, J., Salinas, I., & Cuevas, J. (Julio de 2015). El Cultivo de la Papaya. *Cajamar(009)*.
<https://www.cajamar.es/storage/documents/009-papaya-1441794549-6f9d7.pdf>
- Jiménez, J. (2002). *Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana*. Earth.
<https://doi.org/http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf>

Jiménez, J. (2002). Manual Práctico para el Cultivo de la Papaya Hawaiana.

<http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf>

Murillo, M. (2022). *Ácido Salicílico “Aspirina” en la Inducción a la floración de Papaya (Carica papaya L.)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo:

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6894/1/T-UTEQ-380.pdf>

Sancán, C. (2018). *Aplicación de tres bioestimulantes orgánicos para acelerar la germinación de las semillas de Carica papaya L (papaya)*. Universidad Estatal del Sur de Manabí:

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1047/1/TESIS%20PAPAYA%20pdf%200.pdf>

Wang, R., Su, Y., Xia, S., & Xiao, L. (2017). Phytohormonal quantification based on biological principles. *Hormone Metabolism and Signaling in plants*, 431-470.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811562-6.00013-X>

Zhou, Z., Ford, R., Bar, I., & Kanchana-udomkan, C. (15 de Septiembre de 2021). . *Papaya*

(*carica papayaL.*) *Perfilado de sabores*. Genes: [https:// doi.org/ 10.3390/genes12091416](https://doi.org/10.3390/genes12091416)