

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN FRUTOS DE PAPAUSA (*Annona diversifolia*);  
COATEPEQUE, QUETZALTENANGO  
TESIS DE GRADO

**ALFREDO JOSE LOPEZ GUILLEN**  
CARNET 20363-08

COATEPEQUE, JUNIO DE 2018  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN FRUTOS DE PAPAUSA (*Annona diversifolia*);  
COATEPEQUE, QUETZALTENANGO  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**ALFREDO JOSE LOPEZ GUILLEN**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, JUNIO DE 2018  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

### **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

LIC. CARLOS DANILLO SANTIZO SOLLER

### **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 09 de enero del 2018

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales  
Presente.

Distinguido Miembro del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final de Tesis del estudiante: Alfredo José López Guillen, quien se identifica con carnet. 20363-08, titulado: EVALUACION DE ACIDO GIBERELICO EN FRUTOS DE PAPAUSA (*annona diversifolia*); el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado, por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Carlos Danilo Santizo Soller  
Colegiado No. 1006



**Universidad  
Rafael Landívar**  
Tradición Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06961-2018**

### **Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ALFREDO JOSE LOPEZ GUILLEN, Carnet 20363-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06109-2018 de fecha 23 de junio de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN FRUTOS DE PAPAUSA (*Annona diversifolia*);  
COATEPEQUE, QUETZALTENANGO**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 29 días del mes de junio del año 2018.

**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Universidad Rafael Landívar Sede Coatepeque por ser parte de mi formación.

Ing. Agr. Carlos Danilo Santizo Soller, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Agr. Leonel Alfonso Solís Mazariegos, por su apoyo en la asesoría y conocimientos para la investigación.

A los productores de Papausa de Coatepeque, Quetzaltenango, por ser partícipes del desarrollo agrícola.

## DEDICATORIA

A:

Dios: Quien me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme, por darme la fortaleza en cada etapa de mi vida.

Mis padres: Licda. Martha Alicia Guillen Hidalgo de López y Lic. Luis Alfredo López Lam, por el amor, apoyo incondicional en todo momento y por ser ejemplo en mi vida.

Mis Abuelos: Adela Beatriz Lam Quan (+), Alicia Hidalgo Aguilar, Porfirio Guillen Reyna. Por sus sabios consejos, amor, paciencia y cariño.

Mis Hermanos: Luis Eduardo y María Alejandra López Guillen por el cariño y amor que me han demostrado en todo momento.

A mi sobria: Sofía Alejandra Rodríguez López, por su cariño y verme como ejemplo de perseverancia.

A mi Esposa: Ing. Agra. Patricia Isabel Solís Arriola por el amor, cariño y paciencia en esta etapa de mi vida.

Familia Solís Arriola: Por el apoyo incondicional brindado durante este proceso.

Mis cuñados y cuñadas: Por el cariño que me han brindado.

Mis amigos: Por todo el compañerismo, las experiencias, solidaridad e igualdad que los identifico.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMEN	xii
1. Introducción	1
2. Marco teórico	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Cultivo de anonáceas	4
2.2.1. Generalidades de las anonas	4
2.2.2. Origen y distribución	5
2.2.3. Clasificación taxonómica	5
2.2.4. Descripción botánica	6
2.2.5. Requerimientos climáticos y edáficos	9
2.2.6 Manejo de la plantación	9
2.2.7. Plagas y enfermedades	10
2.2.8. Malezas	10
2.2.9. Cosecha y rendimientos	11
2.3. Giberelinas	11
2.3.1. Generalidades	11
2.3.2. Transporte	12
2.3.3. Efectos fisiológicos	12
2.3.4. Usos comerciales	13
3. Planteamiento del problema y justificación del trabajo	15
4. Objetivos	17
4.1. General	17
4.2. Específicos	17
5. Hipótesis	18
6. Metodología	19
6.1. Localización del trabajo	19
6.2. Material experimental	20
6.3. Factores a estudiar	20
6.4. Descripción de los tratamientos	20
6.5. Diseño experimental	21



6.6. Modelo estadístico	21
6.7. Unidad experimental	22
6.8. Croquis de campo	22
6.8.1. Distribución de los tratamientos	22
6.9. Manejo del experimento	23
6.9.1. La plantación	23
6.9.2 Implementación del experimento a nivel de campo	24
6.9.3. Producto utilizado	24
6.9.4. Preparación de los tratamientos utilizados	24
6.9.5. Aplicaciones	24
6.9.6. Etiquetado de flores	25
6.10. Variables de respuesta	25
6.10.1. Número de frutos cuajados	25
6.10.2. Efecto sobre el tamaño del fruto	25
6.10.3. Efecto sobre el peso del fruto	25
6.10.4. Número de semillas por fruto	25
6.10.5. Estimación de producción	25
6.10.6. Análisis económico	26
6.11. Análisis de la información	26
6.11.1. Análisis estadístico	26
6.11.2. Análisis económico	26
6.11.2.1. Presupuesto parcial	26
6.11.2.2. Análisis de dominancia	26
6.11.2.3. Análisis de la tasa marginal de retorno a capital	26
7. Resultados y discusión	27
7.1. Número de frutos cuajados	27
7.2. Efecto sobre el tamaño del fruto	29
7.3. Efecto sobre el peso del fruto	31
7.4. Número de semillas por fruto	33
7.5. Rendimiento	34
7.6. Análisis económico	36

7.6.1. Estimación de Costos que varían	36
7.6.2. Estimación de los rendimientos ajustados, beneficio bruto y beneficio neto	37
7.6.3. Análisis de dominancia	37
7.6.4. Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM)	38
7.6.5. Cálculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR)	39
7.6.6. Determinación del tratamiento más rentable	39
8. Conclusiones	40
9. Recomendaciones	40
10. Bibliografía	42
11. Anexos	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla.</b>	<b>Página</b>
1. Contenido nutricional de frutos de papausa	8
2. Tratamientos aplicados sobre flores de papausa para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos	21
3. Concentraciones de ácido giberélico evaluadas en flores de papausa para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos.	24
4. Análisis de varianza para el número de frutos cuajados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa.	27
5. Prueba de Tukey para número de frutos cuajados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa.	28
6. Prueba de Tukey para diámetro y longitud de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	29
7. Análisis de varianza para peso promedio de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	31
8. Prueba de Tukey para peso de frutos de papausa por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	32
9. Análisis de varianza para el número de semillas por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	33
10. Análisis de varianza para el número de frutos por hectárea por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	34
11. Prueba de Tukey para rendimiento de número de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa.	35
12. Estimación de costos que varían por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	36
13. Estimación de los rendimientos ajustados, beneficios brutos y beneficios netos, por cada uno de los tratamientos de ácido giberélico evaluados para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papausa	37

14. Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos de ácido giberélico evaluados para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya 38
15. Cálculo de la tasa de retorno marginal de las concentraciones de ácido giberélico no dominadas. 38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
1. Ubicación del microparciamiento El Pital, en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango.	20
2. Unidad experimental constituída por plantas de papausa	22
3. Distribución de los diferentes tratamientos de concentraciones de ácido giberélico, sobre flores de papausa para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos	23
4. Longitud y diámetro de frutos de papausa logrados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papausa	30

# **Evaluación de ácido giberélico en frutos de papausa (*Annona diversifolia*, Saff); Coatepeque, Quetzaltenango**

## **Resumen**

Considerando el cultivo de la papausa (*Annona diversifolia*, Saff) como alternativa sustentable de la fruticultura del trópico y tomando en cuenta el bajo amarre de frutos que constituye una de las principales limitantes de la productividad en este frutal, se llevó a cabo el presente estudio en el microparciamiento El Pital, el cual se ubica sobre las coordenadas: Latitud Norte 14°39'21" y Longitud Oeste 91°54'00", en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango. El objetivo principal fue: Evaluar el efecto de cinco concentraciones de ácido giberélico en el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones. Las variables de estudio fueron: número de frutos, tamaño de fruto, peso de fruto, número de semillas, rendimiento y análisis económico. Los resultados obtenidos demostraron que el tratamiento T5, donde se aplicó 2000 ppm de ácido giberélico obtuvo los mejores resultados, aceptándose la hipótesis alterna, ya que al aplicar esta concentración se obtuvo un mayor cuaje de frutos superando en un 27.84% al tratamiento testigo, incrementando 1.26 veces más el peso alcanzando una media de 1599.20 gramos, en cuanto al número de semillas no se encontró significancia entre tratamientos, pero sí incrementó el rendimiento alcanzando 24853.19 frutos/ha., esto lo hace el tratamiento más rentable. Recomendándose a los productores de papausa del microparciamiento el Pital, la aspersión dirigida al botón floral, hasta punto de goteo, ya que este tratamiento permitió obtener el mayor número de frutos, frutos más grandes, con el mayor rendimiento y el más rentable.

## 1. Introducción

La Papausa (*Annona diversifolia*, Saff), es una fruta tropical de gran potencial económico y de grandes propiedades alimenticias (Irigoyen, 2004). Sin embargo, a pesar de ser un recurso vegetal promisorio y de gran demanda por su exquisitez, se han establecido muy pocas plantaciones y los frutos que se comercializan en los mercados regionales proceden de árboles de traspatio. Por lo que es necesario buscar una opción para cubrir esta necesidad incrementando los volúmenes de producción para suplir las necesidades del mercado, por lo que agrónomicamente se deben adoptar dos acciones, primero las 120 hectáreas sembradas o segundo aumentar los rendimientos por árbol ya que estos producen hasta 400 flores y sus rendimientos oscilan entre 30 a 60 frutos por árbol/año. Alternativas que deben ser producto de investigación ya que su manejo agronómico es escaso, principalmente en lo que respecta a las bajas producciones debido a un bajo porcentaje en el cuaje de frutos.

Esto último se puede lograr mediante la polinización artificial o dirigida, ya que la papausa presenta problemas de dicogamia de tipo protoginea (León, 1987). Una susceptibilidad del mecanismo reproductivo a condiciones climáticas adversas de altas temperatura y humedad relativa baja. Además, tiene una escasez de insectos polinizadores eficientes, todo esto hace que haya un porcentaje bajo de frutos cuajados, frutos de poco peso y algunos frutos deformes.

El objetivo de esta investigación fue mejorar el cuajado de frutos, buscando alternativas que no fueran laboriosas, como lo es la polinización manual, por lo que se planteó el uso de la fitohormona ácido giberélico, ya que entre sus efectos fisiológicos en árboles frutales ha provocado floración prematura, un mayor cuaje de frutos, estimula la formación de frutos partenocárpios, incrementa el desarrollo vegetativo y ganancia de peso del fruto. Es por esto que se evaluó el efecto de cinco concentraciones (0, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm) de ácido giberélico en el cuaje y rendimiento de frutos de papausa (*Annona diversifolia*, Saff.), en una plantación de ocho años de edad establecida en el microparciamiento El Pital, Coatepeque, Quetzaltenango.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Antecedentes

En un estudio realizado en la India por Venkataratnam citado por Barahona y Sancho (1992), describen que la mayoría de flores de *Annona muricata* se abrieron entre las 12:00 a. m. y las 8:00 p. m. y nuevamente de 4:00 a. m. a las 8:00 a. m. La dehiscencia de las anteras (liberación de polen) se produjo de 4:00 a. m. a 8:00 a.m. Los estigmas permanecieron receptivos por 2 o 3 horas solamente y, durante este corto período, no se produce dehiscencia de las anteras, el estigma toma una coloración café, ya no es receptivo y no tiene condiciones para recibir los granos de polen. Es por esto la importancia de polinización cruzada entre diferentes flores del mismo árbol o de otros, la que puede ser realizada por insectos

Schawrzember, citado por Barahona y Sancho (1992), explica que Ahmed en 1936, prueba la existencia de la dicogamia o protogénesis en las Annonaceas. Esta consiste en la maduración no sincronizada de las partes masculinas y femeninas de una flor hermafrodita. En las Annonaceas las flores se abren al amanecer, cuando las anteras están iniciando la expulsión del polen, los pétalos externos se caen algunas horas después y los internos duran unos días, o a veces todos los pétalos caen juntos.

La literatura cita a diferentes escarabajos como insectos polinizadores de las Annonceas. En Costa Rica, Villalta (1988), realizó un estudio sobre la polinización entomófila en guanaba (*Annona muricata*) y las especies que se determinaron como polinizadores; pertenecen a la familia Scarabaeidae y al genero *Cyclocephala* spp., los que se alimentan de los pétalos internos y del polen.

Schawrzember citado por Barahona y Sancho (1992), cita en su artículo que en 1910, Wester realizó los primeros estudios de polinización artificial de anonas. Schroeder en 1947 perfecciono el método y obtuvo altos rendimientos de chirimoya (*Annona cherimola*). En México, Ponce (1979), duplico el número de frutos cosechados en guanaba (*Annona muricata*), mediante polinización manual.



En Costa Rica, Rojas (1991), en guanaba (*Annona muricata*) aumento en un 20% el porcentaje de fructificación (47.5% en total) mediante la polinización artificial, los frutos obtenidos fueron más precoces y de mejor forma. A pesar de que a principios de siglo se hicieron estudios de la polinización manual, no fue sino hasta 1947 cuando Schroeder C. A. de la Universidad de California, propuso el sistema de polinización con pincel. En los años sesenta Tony Brown, agricultor de California, adaptó una perilla que se usa en Japón para la polinización de otras especies, que en la actualidad es usada en Málaga, España (Guirado, Hermoso, Pérez, García-Tapia & Farré, 2001).

A nivel de campo se ha observado una cantidad de flores, pero el cuaje es muy deficiente debido a que la polinización natural no es adecuada. Guirado *et al.* 2001, estiman que son polinizadas tan solo un 25% de las flores y que gran parte de los frutos son deformes, debido a que los insectos que intervienen en la polinización no transportan polen a todos los estigmas. Insectos himenópteros del género *Orius*, son los principales polinizadores, y transportan hasta 200 granos de polen desde una flor en estado macho a otra en estado hembra en las horas de la tarde.

León (1987), realizo estudios de biología floral y/o fenología en *Annona cherimola*, Miller. Determino que las flores son protoginias y la antesis se inicia con la separación de los pétalos mayores, que se abren por el ápice, generalmente en las primeras horas de la mañana. En esta etapa los pistilos son receptivos y tienen los estigmas blancos y brillantes, pero las flores estaminadas aún no emiten polen. Uno o dos días después de la fertilización los pétalos caen y se inicia el desarrollo del fruto. De 6 a 8 horas más tarde los pétalos mayores están completamente abiertos y las anteras emiten polen por suturas longitudinales, ya entonces los estigmas están marchitos y no pueden fertilizarse. La protoginia y la ineficiencia de los agentes de polinización determinan la formación de frutos pequeños y asimétricos, por lo que se ha hecho necesario desarrollar métodos de polinización artificial.

Gardiazabal y Rosenberg (1993), mencionan que la mayoría de las anonas se caracterizan por ser dicógamia y protoginea, en casi todas las regiones donde son cultivadas, con diversos grados

de acentuación de este fenómeno, esto explica en parte el mal cuaje y la obtención de frutos de peso reducido y deformes.

Según Saavedra (1977), la mala producción de frutos en anonáceas se debe al carácter protogineo de sus flores, lo que se ve afectado por la morfología y adversidad de las condiciones climáticas. La floración ocurre en la estación del año en que la humedad atmosférica es baja y raras veces se ven insectos en las flores, por lo que la polinización entomófila juega solamente un papel secundario.

Carter citado por Escobar (1996), enfatiza que en Israel se emplearon biorreguladores en flores de chirimoyo, obteniéndose frutos partenocarpicos o sin semilla.

Badr y Hartmann (1972), realizaron pruebas con reguladores de crecimiento en olivo para estudiar su influencia en floración. La floración se promovió mediante aplicación de un retardante del crecimiento y se inhibió tanto con la aplicación de giberelinas. Ésta última estimulaba además el crecimiento vegetativo de brotes floríferos.

Agustí y Almela (1991), en su estudio aplicación de fitoreguladores en citricultura, demostró que los resultados en el cuajado y desarrollo de frutos en mandarina obtenidos con la aplicación de ácido giberélico en la época de caída de pétalos. Concentraciones entre 10 y 20 ppm son las más ampliamente utilizadas.

## **2.2. Cultivo de *Annonaceas***

**2.2.1 Generalidades de las *Annonas*.** La familia Annonaceae, está compuesta aproximadamente por 2,300 especies, alrededor de 300 a 400 especies produce frutos comestibles, de formas muy variadas. La palabra *Annona* se deriva del latín, y significa “la cosecha anual”.

Las anonas son frutas tropicales, en nuestro país se encuentran varias especies, siendo las más comunes y de mayor importancia económica la guanaba, papaya, chirimoya, la chincuya y anona.

La Papausa (*Annona diversifolia*, Saff), a pesar de ser muy apetecida en Guatemala, no se encuentra desarrollada como un cultivo comercial y es plantada generalmente en los patios de las casas, solamente como una planta de recolección (Irigoyen, 2004).

**2.2.2 Origen y distribución.** Originaria de Mesoamérica, encontrándose silvestre en las laderas de las montañas, especialmente en el pie de monte de las cordilleras costeras del pacifico de México, Guatemala y El Salvador, aunque prospera muy bien en regiones medias y altas (Zabala, García, Muratalla & Chávez, 1997).

Se ha introducido recientemente a Florida y California (EE.UU.). Colombia, Filipinas y otros países de Centroamérica y el Caribe (Cruz & Deras, 1999).

**2.2.3 Clasificación taxonómica.** De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (2018), la papausa se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
Sub-reino:	Viridiplantae
Superdivisión	Embryophita
División:	Tracheophyta
Subdivisión:	Spermatophytina
Clase:	Magnoliopsida
Sub-clase:	Magnollidae
Super-orden	Magnolianaes
Orden:	Magnoliales
Familia:	Annonaceae
Género:	Annona
Especie:	<i>Annona diversifolia</i> , Saff.

Nombres comunes: Anona, Anón, Papause o Papausa (Guatemala); Anona rosada, anona roja, anona caribe, anona blanca (El Salvador); Ilama, Ilamazapotl (Zapote de las viejas en náhuatl), Izlama (México) (Cruz & Parada, 2001).

**2.2.4 Descripción botánica.** La raíz en la mayoría de los árboles provienen de pie franco (semilla) por lo tanto en su sistema radicular se distingue una raíz principal pivotante que le permite a la planta un buen desarrollo en condiciones muy adversas, como son suelos marginales (Cruz & Parada, 2001).

Son árboles relativamente pequeños y delicados, ramificados desde la base, de crecimiento recto con un eje central dominante y su rama de escaso desarrollo en sus primeros años, pero luego alcanza un buen desarrollo, la altura promedio alcanza de 4 a 8 metros (Cruz & Parada 2001). Son arbustos relativamente pequeños con copa abierta, ya que su tallo tiende a ramificarse desde su base, sin embargo presentan un eje principal dominante, su ramificación es de poco desarrollo y se origina del eje o tallo central, el arbusto tiene la característica de presentar un crecimiento con tendencia erecta.

Este árbol se distingue de las otras especies de anona porque tiene dos clases de hojas: las corrientes, ovaladas, glabras, con pecíolo, que crece en la base de la ramilla; y las que crecen en el lado inferior de las ramillas y frutos, en forma de brácteas, redondas, caedizas, sin pecíolo. La superficie tiene un aspecto pulverulento, blanquizco. En general las hojas son coriáceas (Avilán y Leal 1989). Las hojas son de un color verde grisáceo (Irigoyen, 2004).

La flor es completa (hermafrodita), regular o actinomorfa, hipoginia, de periantio heteroclamídeo. El cáliz está constituido por tres sépalos libres, pequeños, coriáceos y persistentes. La corola está conformada por seis pétalos dispuestos en dos hileras: tres exteriores, más grandes, de forma acorazonada, coriáceos; tres interiores, de forma cóncava, redondeados, anchos en el ápice y reducidos basalmente, son más pequeños que los exteriores y poco rugosos. Tienen tres pétalos externos de 2 a 5 cm., de largo y tres internos de tamaño pequeño. El color de los pétalos varía desde tonalidades que varían de rosado a rojo púrpura, algunas son de color amarillo cerdoso teñidas de rojo, lo cual es un distintivo varietal (Irigoyen, 2004).

Según Avilán & Leal (1989), la flor presenta dicogamia temporal. Este mecanismo facilita la polinización cruzada y por lo tanto la heterosis, clave para la supervivencia de la especie en el tiempo y en el espacio bajo condiciones ambientales variables. Los estados de apertura son:

Pre-hembra que dura generalmente desde las 8-9 horas hasta las 14-15 horas. Los pétalos están separados por su extremo pero no por su base, siendo los estigmas plenamente receptivos.

Hembra, etapa en que la flor es receptiva y además está abierta, permitiendo la entrada de pequeños insectos polinizadores. Dura desde las 14-15 horas de un día a las 16-18 horas del día siguiente.

Macho, comienza con la rápida apertura de los pétalos, haciéndolo también simultáneamente los sacos polínicos. La apertura se produce habitualmente entre las 16 y las 18 horas, siendo más temprana en días cálidos.

En un mismo cultivar, y a veces incluso en casi todos los cultivares de una misma parcela, se presenta frecuentemente una alta sincronía entre estados florales (González, Pérez & Farre, 1996).

Aunque las flores son hermafroditas presentan protoginia y existe un período de 36 a 48 horas durante el cual pueden encontrarse maduros ambos órganos sexuales, la disposición apretada del cuerpo de estambres, aun estando dehiscentes, no permite disponibilidad de polen (Escobar, Zarate & Bastidas, 1986).

Los insectos asociados con las flores no tienen influencia en el proceso de polinización. Se presume que los frutos se forman a partir de autopolinización (autogamia) que ocurre al retener los estambres desprendidos algunos pétalos interiores.

Los granos de polen son ovoides, de color amarillo transparente y pegajoso. La exina es rugosa y no recubre totalmente al grano de polen, además, se observan agrupados de a cuatro formando un cuerpo compacto; la intina es uniporada (Escobar, Zarate & Bastidas, 1986).

El gineceo está conformado por muchos carpelos (de 290 a 380) que ocupan el polo superior del receptáculo, formando un cono redondeado. Consiste de muchos estigmas unidos cada uno a

un ovario, este último es súpero y ortótropo; solamente los estilos son visibles exteriormente (Escobar, Zarate & Bastidas, 1986).

El Fruto es una baya colectiva de forma elipsoidal u ovoide, con cáscara gruesa y coriácea, de color verde a rojo ceniza con numerosas semillas (Cruz & Parada 2001).

El fruto tiene una longitud de aproximadamente 12 cm., la pulpa puede ser de color blanca, rosada o rojiza. Presenta un aroma típico y su sabor puede variar de simple a dulce, el tipo dulce es el preferido y alcanza mejor precio en el mercado (Avilán & Leal 1989).

Las características de la fruta de la *Annona diversifolia* son:

- Color de pulpa: Rosada y blanca
- Peso promedio: 739 gramos
- Forma: Ovoide a elipsoidal, con carpelos prominentes
- Promedio de semillas: 70 por fruto

Tabla 1

*Contenido nutricional de frutos de papausa*

Descripción	Contenido
Humedad	79.6%
Proteínas	1.31%
Grasa	0.01%,
Ceniza	1.26%,
Fibra cruda	0.97%
Fósforo	300 ppm.

Cruz (2001).

Las semillas poseen una cubierta seminal dura que se origina a partir de los tegumentos del rudimento seminal, presenta una o dos cubiertas seminales, la cubierta externa o testa, de textura

lisa, color café y brillante, la interna o endopleura (Lagos, 1987). De forma cilíndrica, alargada, con longitudes aproximadas que oscilan de 1.5 a 2.5 cm., el grosor es de aproximadamente 1cm., posee un período largo de latencia, reportada de hasta siete meses (Irigoyen, 2004).

**2.2.5 Requerimientos climáticos y edáficos.** El cultivo de la papausa (rosada o blanca) es considerado rústico; soporta condiciones adversas, propias de suelos arcillosos y pedregosos. La planta requiere de un clima cálido, con temperaturas entre los 24 a 37° C y con una estación seca y húmeda. Se adapta bien desde los 100 a 800 msnm en suelos franco arenoso y arcilloso, los cuales permiten un buen desarrollo vegetativo y productivo del cultivo (Cruz & Deras, 1999).

**2.2.6 Manejo de la plantación.** El plan de manejo para plantaciones es una actividad que desarrollan los técnicos del programa desarrollo de la fruticultura. Sin embargo se tienen en el municipio de Coatepeque, de forma aislada, plantaciones que se han manejado de forma particular, a estas plantaciones se han tenido accesiones de misiones de la FAO, quienes han colectado materiales promisorios, principalmente en aldea las Palmas, aldea las Ánimas, microparciamiento El Pital y caserío El Refugio. Estas plantaciones son las que proveen de frutos al mercado local en los meses de junio a agosto (FAO, 2004).

Las plantaciones que existen no son fertilizadas, por lo tanto, no existe experiencia sobre la fertilización en nuestro país sin embargo, esta práctica debe sustentarse en un análisis de suelo.

Cuando las plantas de papausa han sido sembradas en el lugar definitivo, se les realiza poda de formación para que la copa del árbol tome una forma simétrica. La poda de formación consiste en cortar la parte terminal de la planta, a unos 80 cm del suelo, seleccionar de 3 a 4 brotes bien distribuidos, en los últimos 20 a 30 cm del asta principal, estos serán los responsables de la formación de la copa.

También se deben de realizar podas de limpieza, después de la cosecha; en el manejo de las plantaciones con copa formadas, se sugiere un manejo de podas en un sistema de centro abierto, similares a las de los frutales de hueso, con 4 a 6 ejes principales, con despuntes y raleos centrales intensivos (Irigoyen, 2004).

**2.2.7 Plagas y enfermedades.** Una plaga insectil, que causa mucho daño es el perforador del fruto *Bephrateloide* spp, (Hymenoptera, Eurytomidae), el daño que ocasiona es la perforación del fruto, a través de las galerías en la cáscara, pulpa y semillas (Irigoyen, 2004). Los frutos se tornan no deseados para la comercialización. El control puede obtenerse con la corta y quema de los frutos atacados, los cuales se hallan tanto en el suelo como en la planta.

Se reporta que en la mayoría de las Anonáceas, las principales plagas que afectan son: broca del fruto (*Cerconata anonella*, Sepp. Lepidoptera, Oecophoridae), perforador de la semilla (*Bephratelloides macolicolis*, Fabricius. Hymenoptera, Eurytomidae), barrenador del tallo (*Cratosomus inecualis*, Champion. Coleoptera, Curculionidae) (Irigoyen, 2004).

El barrenador del tallo causa serios daños a la planta, que inclusive la puede llevar a la muerte. El síntoma más característico es la presencia de excrementos y una exudación pegajosa oscura en el tronco. Su control puede ser obtenido con la aplicación de cualquier insecticida fosforado en los orificios hechos por los insectos en el tronco. También con una aplicación sistemática de una pasta de sulfato de cobre (3 Kg.), cal hidratada (1 Kg.), sal de cocina (30 g.), insecticida fosforado (30 ml.), agua (20 l.), como un buen control preventivo (Irigoyen, 2004).

Entre los hongos que atacan a la *Anona diversifolia* tenemos a la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum* spp, que produce momificación de los frutos, los cuales se vuelven negros y duros, causando grandes pérdidas de campo.

También la mancha provocada por *Cercospora* spp., son manchas color café, rodeadas de un halo amarillo, causadas por el hongo *Cercospora anonacea* y la fusariosis, causada por el hongo *Fusarium* spp., que puede ser acarreada desde el vivero y su daño es tan severo que su prevención es necesaria (Irigoyen, 2004).

**2.2.8 Malezas.** La presencia de malezas en el cultivo trae competencia por agua y nutrientes, además son hospederos de insectos, hongos y otros organismos, por lo que se hace necesario un combate racional de las mismas. Lo anterior se logra con la siembra de cultivos de cobertura en las calles de la plantación, entre las que se encuentran, las leguminosas como el maní forrajero



(*Arachis pintoii*) o kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), que además de mantener libre a la plantación le aportan materia orgánica, nutrientes, principalmente nitrógeno. Para el combate de malezas se recomienda efectuar 2 controles en forma manual, complementada con dos plateos al árbol, abarcando unos 50 centímetros fuera de la zona de goteo de la planta (Irigoyen, 2004).

**2.2.9 Cosecha y rendimientos.** La época de cosecha de anona comienza a finales de julio y se extiende hasta septiembre. Se realiza cuando los frutos se abren en el árbol, que es un índice de madurez, comúnmente los frutos rajados se cortan y se ponen a madurar, envueltos en papel periódico u otro material similar. La recolección de la fruta se debe realizar a mano, directamente del árbol (Irigoyen, 2004).

El rendimiento de los árboles de anona ha sido calculado en base a proyecciones: al tercer año producen 30 frutos, 40 al cuarto, al sexto año del establecimiento del cultivo se obtienen 60 frutos por árbol, y a partir del séptimo año, la productividad puede ser de 70 a 80 frutos, con 75 frutos como promedio (Irigoyen, 2004). Sin embargo, algunos materiales silvestres presentan datos excepcionales y son altamente productores de frutos de muy buena calidad

## **2.3 Giberelinas**

Las giberelinas son hormonas naturales de las plantas, estas fueron identificadas y extraídas en 1935 de hongos. El ácido Giberélico fue refinado con el tiempo y comercializado y producido por investigadores en 1954. Las giberelinas causan la elongación y estiramiento de las células. (Henry, et al., 2011).

**2.3.1 Generalidades.** Todas son ácidos carboxílicos diterpenoides tetracíclicos, se les denomina ácidos giberélicos y se las representa como GAs, distinguiéndose una de otra por un subíndice: GA<sub>13</sub>, GA<sub>20</sub>, GA<sub>52</sub> (Soberón, 2005).

Las giberelinas son diterpenos sintetizado a partir de acetyl-CoA a través de la ruta del ácido mevalónico. Todos ellos tienen 19 o 20 unidades de carbono agrupados en cuatro o cinco sistemas de anillos. El quinto anillo es un anillo de lactona. Se cree que se sintetizan en los tejidos jóvenes de la filiación y también la semilla en desarrollo. No está claro si los tejidos

jóvenes de las raíces también producen las giberelinas. También hay alguna evidencia de que las hojas pueden ser la fuente de la biosíntesis de algunas giberelinas. (Sponsel, 1995).

**2.3.2 Transporte.** Por el floema junto con los productos de la fotosíntesis y también por el xilema probablemente por desplazamiento radial desde el floema al xilema. Generalmente se movilizan a tejidos jóvenes en crecimiento tales como puntas de tallos y raíces y hojas inmaduras. No exhiben una polaridad en el transporte como en el caso de las auxinas. (Soberon, 2005).

**2.3.3 Efectos fisiológicos.** Las giberelinas son esencialmente hormonas estimulantes del crecimiento al igual que las auxinas, coincidiendo con éstas en algunos de sus efectos biológicos. Estimulan la elongación de los tallos (el efecto más notable). Debido al alargamiento de las células más que a un incremento de la división celular.

Estimulan germinación de semillas en numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula. Las semillas se encuentran encerradas en una pared celular (proveniente del fruto) llamada “pericarpo testa”. (1) Las GAs son sintetizadas por los coleóptilos y el escutelo del embrión, y liberadas al endosperma amiláceo. (2) Las GAs difunden hacia la capa de aleurona (3) las células de la aleurona son estimuladas para sintetizar y secretar  $\alpha$ -amilasa y otras hidrolasas hacia el endosperma amiláceo. (4) El almidón y otras macromoléculas se degradan hasta pequeñas moléculas sustrato. (5) Esos solutos son captados por el escutelo y transportados hacia el embrión en crecimiento.

A nivel de las células de la aleurona, en semillas de cereales estimulan la síntesis y secreción de  $\alpha$ -amilasas, y la síntesis de otras enzimas hidrolíticas. La unión de GAs a su receptor membranal produce la activación de la proteína G de membrana, lo que deriva en: (I.) una vía de transducción dependiente de  $Ca^{+2}$  que involucra a la Calmodulina y a proteínas kinasas, que favorecen la exocitosis (hacia el endosperma) de vesículas cargadas de  $\alpha$ -amilasa; (II.) una vía de transducción independiente de  $Ca^{+2}$ , que involucra al GMP cíclico como segundo mensajero, esto activa a un intermediario de transducción proteico, que a nivel del núcleo favorece la degradación del represor genético, que impedía la expresión del gen GA-myb; la proteína GA-myb es un

factor de transcripción que favorece la expresión de genes que codifican la biosíntesis de  $\alpha$ -amilasa (y otras enzimas hidrolíticas) que se almacenarán en vesículas para su posterior exocitosis. (Soberon, 2005). Los principales efectos son los siguientes

- Inducen la partenocarpia. Proceso por el cual se forma fruto sin fertilización. Las auxinas también producen partenocarpia, pero las giberelinas son más activas.
- Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general).
- Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada.
- Detienen el envejecimiento (senescencia) en hojas y frutos de cítricos.
- Induce la masculinidad en las flores dioicas.
- Rompe latencia de las semillas de algunas plantas que requieren estratificación o luz para inducir la germinación. (Davies, 1995)

**2.3.4 Usos comerciales.** La utilización del GAs es limitado debido a su costo. Sus principales usos son para incrementar el tamaño de uvas sin semillas, haciendo que elonguen los racimos, de tal forma que estén menos apretados y sean menos susceptibles a hongos en menor proporción su uso está limitado por su costo según el Dr. Ramírez (2003), también incrementa el cuaje de las flores de la vid y aumentan el tamaño de las frutas.

Es utilizado en árboles frutales para provocar una floración prematura, un mayor cuaje de frutos estimula la formación de frutos partenocárpios incrementar el desarrollo vegetativo y ganancia de peso del fruto en diferentes plantas hortícolas como el tomate. (Ramírez, 2003)

Se les utiliza en la producción de malta en la cervecería, ya que por medio de los efectos promotores de la digestión de almidón por las giberelinas, para aumentar la longitud de las cañas de azúcar, mejorando los rendimientos (Soberon, 2005).

Para romper la latencia en tubérculos de papa y como inductores de la germinación de arroz y de variedades enanas. En plantas de roseta la aplicación de giberelinas permite adelantar y uniformar la floración aumentando la producción de semillas, por ejemplo en repollo, acelga y lechuga. Por ejemplo en lechuga se aplican 5 a 10 ppm cuando tiene entre 2 y 8 hojas. (Lallana, et al. 2002).

### 3. Planteamiento del problema y justificación del trabajo

La papausa (*Annona diversifolia*, Saff), es una planta de flores perfectas pero morfológicamente presentan heteromorfia mostrando una dicogamia del tipo protoginea, lo que se refleja en una baja producción, además, algunos frutos formados son pequeños, de poco peso y deformes, debido a que la polinización es deficiente, por lo que las producciones que se obtienen de este frutal son de solo el 30% del total de flores que emite anualmente

La protoginea marcada y la ineficiencia de agentes polinizadores determinan la formación de frutos pequeños y asimétricos. Además, la morfología y adversidad de las condiciones climáticas afectan la floración ya que esta ocurre en la estación del año en que la humedad atmosférica es baja y raras veces se ven insectos en las flores, lo cual sugiere que la polinización entomófila juega solamente un papel secundario.

Con la finalidad de resolver el problema de polinización, para mejorar la producción de frutos por árbol, se han realizado pruebas de polinización de forma manual, con lo que se ha logrado incrementar el número de frutos por cosecha, mayor tamaño y mayor simetría de frutos, sin embargo esta labor es entretenida y requiere de labores como: recolección de polen, conservación, traslado y la actividad de polinización en un horario específico.

Es de suma importancia contribuir con los productores de papausa para resolver este problema, por lo que se buscó mediante el uso de reguladores del crecimiento como el ácido giberélico lograr que ese 30% de cuaje de frutos se incremente.

El cuaje y amarre de frutos, así como el número de flores, son los factores determinantes en la producción de frutos de papausa. El poder manejar estas variables es el primer paso para controlar la producción final de los árboles.

Con el fin de mejorar la retención de los frutos y de reducir las bajas producciones, se propuso la presente investigación, basada en la aplicación de ácido giberélico en diferentes concentraciones, y se evaluó el efecto que cada una de las concentraciones tuvo sobre el cuaje de frutos y reducción en la abscisión de los mismos. A su vez se determinó como la aplicación de

ácido giberélico aumentó el transporte de elementos minerales y fotoasimilados al fruto para lograr un mejor tamaño así como la velocidad del crecimiento que estos tuvieron por efecto de las diferentes concentraciones que se utilizaron.

## 4. Objetivos

### 3.1 Objetivo general

- Evaluación del efecto de cinco concentraciones de ácido giberélico en el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya (*Annona diversifolia*, Saff).

### 3.2 Objetivo específicos

- Evaluar el efecto de cinco diferentes concentraciones de ácido giberélico en el cuaje de frutos de papaya (*A. diversifolia*).
- Evaluar el efecto de cinco concentraciones de ácido giberélico, sobre el tamaño de los frutos de papaya (*A. diversifolia*).
- Determinar el efecto de cinco concentraciones de ácido giberélico sobre el peso del fruto de papaya (*A. diversifolia*) al momento de cosecha.
- Cuantificar el número de semillas por fruto al momento de cosecha por efecto de cinco concentraciones de ácido giberélico.
- Determinar el rendimiento que se alcanza con cada uno de los tratamientos a evaluar
- Determinar el tratamiento más rentable a evaluar

## 5. Hipótesis

- Ha.** Al menos una de las concentraciones de ácido giberelico a utilizar influye en el cuaje de frutos de papausa (*A. diversifolia*).
- Ha.** Al menos una de las concentraciones de acido giberelico a utilizar permitirá tener un mayor tamaño de frutos
- Ha.** Al menos una de las concentraciones de acido giberelico a utilizar permitirá obtener un mayor rendimiento de frutos por árbol.
- Ha.** Al menos una de las concentraciones de acido giberelico a utilizar permite obtener frutos con un menor número de semillas.
- Ha.** Al menos una de las concentraciones de ácido giberelico a utilizar permite obtener un tratamiento más rentable



## 6. Metodología

### 6.1 Localización del área de trabajo

Microparcelamiento El Pital se localiza en las coordenadas geográficas Latitud Norte 14° 39' 21" y Longitud Oeste 91 54' 00", y a una altura de 200 msnm. Su extensión es de 1125 ha. Divididas en 225 parcelas de 5 ha cada una, en su mayoría las tierras están dedicadas a la explotación ganadera (825.4 ha) cultivo de mango (42.8 ha), nance (12.3 ha), papausa (8.1 ha) y cultivos de temporada como maíz, ajonjolí, frijol, yuca y camote (236.4 ha) (Nájera, 1995; COCODE, 2014).

El clima es cálido, con temperaturas máximas de 32 °C y mínima de 22 °C, con una temperatura media anual de 26 °C. Se registra una precipitación media anual de 2800 mm (Nájera, 1995).

De acuerdo con Holdridge, citado por De la Cruz (1982), microparcelamiento El Pital pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo sub-tropical cálido bmh – S(c), registra dos estaciones bien definidas, la época o estación lluviosa del mes de mayo a noviembre y la época seca o verano del mes de diciembre a abril (Nájera 1995).

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), los suelos se clasifican dentro del grupo IV. Suelos del litoral del pacífico bien drenados de textura pesada pertenecientes a la serie Ixtán arcilloso.

Microparcelamiento El Pital se encuentra localizado al sur de la ciudad de Coatepeque, aproximadamente a 7 kilómetros, sobre carretera de terracería transitable durante casi todo el año, El acceso es por medio de la carretera CA-2, cruzando hacia la izquierda en el kilómetro 220, rumbo a la frontera con México, a un costado del destacamento militar Santa Ana Berlín.

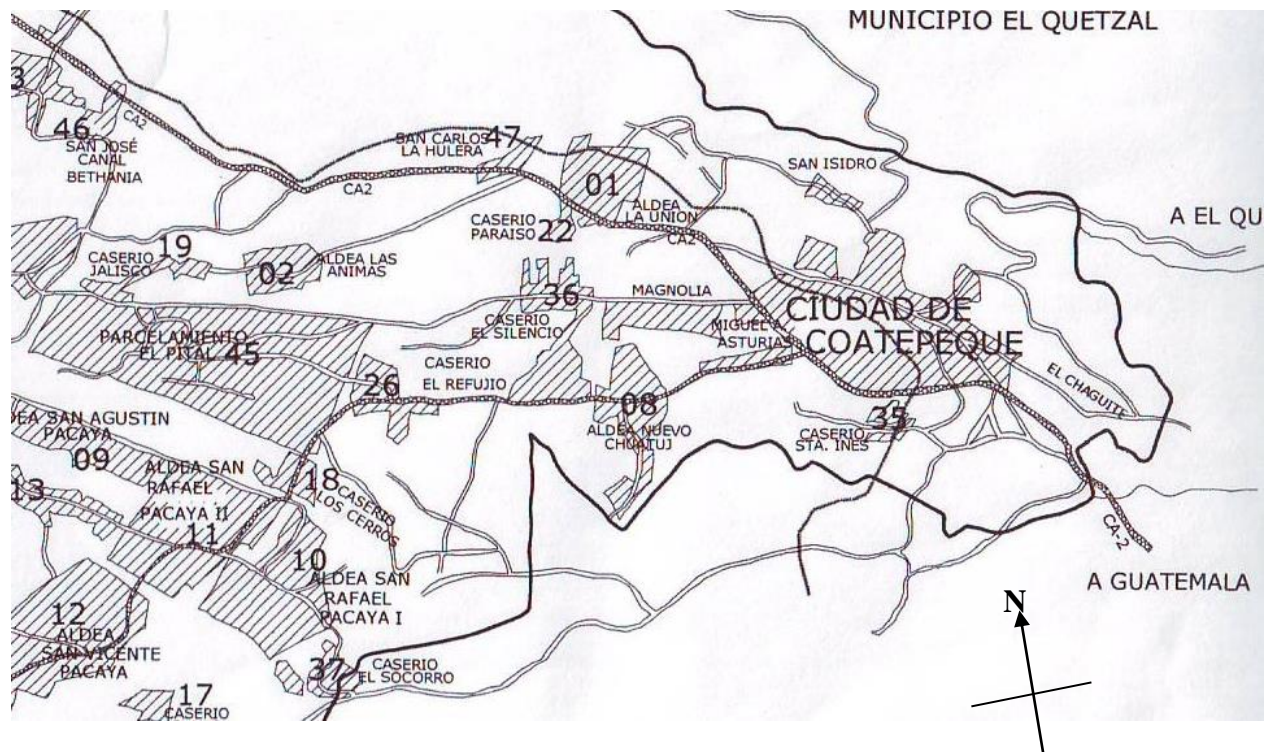


Figura 1. Ubicación del microparcelamiento El Pital, en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango (Fuentes, 2011).

## 6.2 Material experimental

Se utilizó una plantación de Papauza de 8 años de edad, establecida sobre pie franco, con un marco de siembra de 6.00 m X 6.00 m, la época de floración natural ocurre entre marzo y abril, y la cosecha se da en el mes de junio a agosto.

## 6.3 Factores a estudiar

Los factores a estudiar fueron cinco concentraciones de ácido giberélico asperjados sobre flores de Papauza (*Annona diversifolia*), se evaluó la eficiencia de estas concentraciones sobre el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos.

## 6.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron cinco concentraciones de ácido giberélico, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.

*Tratamientos aplicados sobre flores de papaya para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos.*

Tratamiento	Concentración de ácido giberélico
T1	0 ppm testigo absoluto
T2	500 ppm
T3	1000 ppm
T4	1500 ppm
T5	2000 ppm

La evaluación de estas concentraciones se basaron en los trabajos de Koura et al (2004), donde señala que es posible producir frutos de anonas (chirimoyos), recomendando una o dos aplicaciones de ácido giberélico GA<sub>3</sub>, las soluciones de ácido giberélico que ocuparon fueron de 500 ppm y 1600 ppm, con aplicaciones en antesis, teniendo resultados similares a una polinización artificial.

### 6.5 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

### 6.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}.$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Fue la variable de respuesta a la aplicación de cinco concentraciones de ácido giberélico sobre el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya (*Annona diversifolia*),

$\mu$  = Fue el efecto de la media general.

$T_i$  = Fue el efecto de la  $i$ -ésima concentración de ácido giberélico

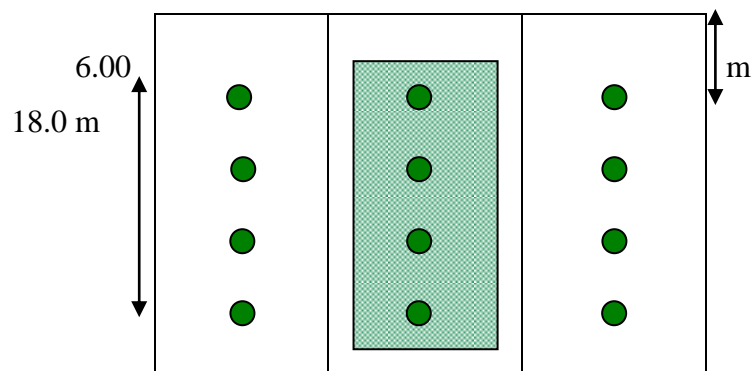
$\beta_j$  = Fue el efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = Fue el error experimental asociado a la  $i$ - $j$ -ésima unidad experimental.

## 6.7 Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas, donde se tomaron al azar 20 flores por planta, se buscaron que estuvieran distribuidas en su periferia, ya que es sabido que los frutales tropicales debido a la latitud donde nos encontramos, la producción de frutos se concentra en esta área. Estas flores se etiquetaron para identificarlas y darles el seguimiento respectivo.

El total de unidades experimentales fue de 25, el total de plantas utilizadas fue de 100, el total de flores bajo tratamiento fue de 2000.



*Figura 2.* Unidad experimental constituida por plantas de papaya.

## 6.8 Croquis de campo

**6.8.1 Distribución de los tratamientos.** La distribución de las diferentes unidades experimentales para cada uno de los tratamientos siguió el proceso de aleatorización utilizando el programa de simulación por computadora, para lo cual se utilizó la función generar números aleatorios en Excel, la distribución de campo se muestra la figura 3.

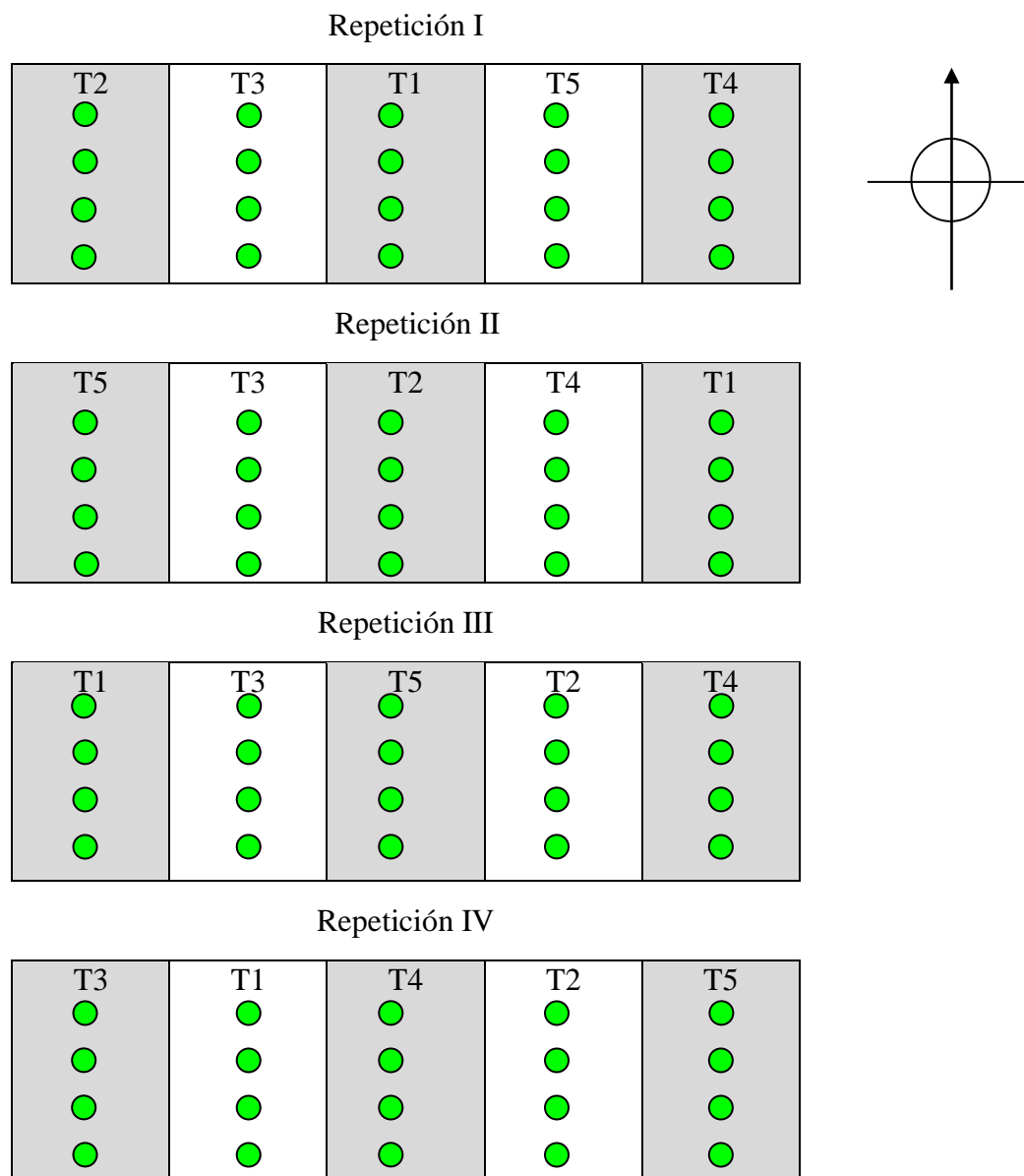


Figura 3. Distribución de los diferentes tratamientos de concentraciones de ácido giberelico, sobre flores de papausa para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos.

## 6.9 Manejo del experimento

**6.9.1 La plantación.** La investigación se realizó en una parcela ubicada en el microparcelamiento El Pital, la cual tiene el número 186, propiedad del señor Narciso Morales, la edad de la plantación es de 8 años de edad. Sembrada bajo un marco de siembra de 6.0 X 6.0, con una densidad de 277 plantas por hectárea.

**6.9.2 Implementación del experimento a nivel de campo.** A nivel de campo se procedió a delimitar el área experimental, distribuyendo de acuerdo al croquis cada uno de los bloques o repeticiones y dentro de cada una de ellas los tratamientos, los cuales se identificaron mediante una placa.

**6.9.3 Producto utilizado.** Para la aplicación de giberelinas se utilizó en éste ensayo el producto comercial Gyberplus®, que tiene como ingrediente activo ácido giberélico a una concentración de 100 g/Kg.

**6.9.4 Preparación de los tratamientos utilizados.** Para la preparación de los tratamientos a utilizar, se utilizará el producto Gyberplus® al 10%, por lo que se diluirá para preparar la concentración a utilizar, la descripción se presenta en la tabla 3.

Tabla 3.

*Concentraciones de ácido giberélico evaluadas en flores de papaya para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos.*

Tratamiento	Concentración	Gramos de producto de 10% / l.
T1	0 ppm	0 gr
T2	500 ppm	5 gr
T3	1000 ppm	10 gr
T4	1500 ppm	15 gr
T5	2000 ppm	20 gr

Las instrucciones de uso y manejo de Gyberplus® en la aplicación en diferentes frutales oscila entre 500 a 2500 ppm (Anasac, 2014).

**6.9.5 Aplicaciones.** Se realizó una sola aplicación mediante la técnica aplicación pulverizada dirigida, esta técnica consistió en mojar todo el botón floral con la solución de ácido giberélico,

por medio de una pulverizadora manual. Las aplicaciones se realizaron entre 6:00 a 8:00 am, de acuerdo a la recomendación de Escobar (1996) y Rodríguez (1998).

**6.9.6 Etiquetado de flores.** Luego que se realizó la aplicación se procedió a etiquetar cada uno de los botones florales identificándolos con fecha y concentración respectiva.

## **6.10 Variables de respuesta**

**6.10.1 Número de frutos cuajados.** Los botones florales seleccionados al azar en los árboles de las unidades experimentales de cada uno de los tratamientos, se asperjaron con la concentración de ácido giberélico evaluada, se asperjó hasta llegar al punto de goteo, bañando todo el botón floral, 15 días después de esta práctica, se inició el conteo de todos los frutos cuajados o prendidos donde se realizó la aspersión

**6.10.2 Efecto sobre el tamaño del fruto.** Esta variable se determinó al final del experimento, cuando se realizó la cosecha en los primeros 15 días del mes de agosto, tomando como indicador el agrietamiento natural del fruto aun ligado al árbol, lo que es un indicador de maduración. Luego de cosechados los frutos se les midió el plano polar y ecuatorial con el auxilio de un vernier con error de 0.05 cm

**6.10.3 Efecto sobre el peso del fruto.** El efecto de los tratamientos sobre el peso del fruto se determinó pesando con el auxilio de una balanza analítica para determinar el peso de cada uno en gramos

**6.10.4 Numero de semillas por fruto.** La determinación de esta variable se realizó al final de la evaluación y consistió en el conteo mecánico del número de semillas/fruto/tratamiento.

**6.10.5 Estimación de producción.** Se realizó esta estimación contando el total de frutos cosechados de cada una de las flores que fueron asperjados, esto permitió extrapolar los datos y calcular los rendimientos de frutos por hectárea y kilogramos de frutos por hectárea.

**6.10.6 Análisis económico.** Para hacer esta determinación se realizó un análisis de presupuestos parciales, también se realizó un análisis de dominancia y un análisis de la tasa marginal de retorno a capital

## **6.11 Análisis de la información**

**6.11.1 Análisis estadístico.** A cada una de las variables se le realizó el respectivo análisis de varianza, con el auxilio del programa SAS (Statistical Analysis System), todos aquellos resultados que mostraron diferencia estadística significativa fueron sometidos a la prueba de Tukey a un  $\alpha = 0.05$ , para comparar sus medias.

### **6.11.2 Análisis económico.**

**6.11.2 .1 Presupuesto parcial.** Se determinaron los costos que variaron para cada tratamiento y con los respectivos resultados de rendimiento y el precio de venta de campo, se determinó el beneficio bruto y el beneficio neto.

**6.11.2.2 Análisis de dominancia.** Se realizó un análisis de dominancia por cada tratamiento, ordenando los tratamientos de mayor a menor beneficio neto (BN), con sus respectivos costos variables (CV); los que presentaron mayores o iguales costos variables que el tratamiento anterior (comparador), no procedieron al análisis de la Tasa Marginal de Retorno. Es decir, fueron dominados.

**6.11.2.3 Análisis de la tasa marginal de retorno a capital (TMRC).** Los tratamientos que resultaron “no dominados”, según la prueba del inciso anterior, se les calculó la tasa marginal de retorno, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{TMR} = (\text{IBN} / \text{ICV}) * 100$$

En donde:

TMR= Tasa de Retorno Marginal

IBN= Incremento en el Beneficio Neto.

ICV= Incremento en el costo Variable.



## 7. Resultados y discusión

La giberelina es conocida como una fitohormona que participa activamente en el control de la floración de varias especies. En el presente estudio se evaluó la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya (*Annona diversifolia*). Los resultados obtenidos se analizan a continuación.

### 7.1 Número de frutos cuajados

Para la determinación de esta variable se seleccionaron 20 botones florales seleccionados al azar en los árboles de las unidades experimentales de cada uno de los tratamientos. Estos botones florales se asperjaron con la concentración de ácido giberélico evaluada, hasta llegar a punto de goteo, 15 días después de la aplicación, se inició el conteo de todos los frutos cuajados o prendidos hasta el momento de cosecha, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza los cuales se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

*Análisis de varianza para el número de frutos cuajados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papaya.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	3969.359375	992.339844	55.8588	0.000*
Repeticiones	4	56.957031	14.239258	0.8015	0.553 <sup>NS</sup>
Error	16	284.242188	17.764137		
Total	24	4310.558594			

C.V. = 9.12%

El análisis de varianza para número de frutos por tratamiento mostró que existió diferencia estadística significativa, por lo que el cuaje de frutos se vio modificado, para conocer la modificación causada por cada tratamiento se procedió a realizar separación de medias a través de la prueba de Tukey, los resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

*Prueba de Tukey para número de frutos cuajados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papaya.*

Tratamiento	Concentración	Media
T5	2000 ppm	69.4000 A
T4	1500 ppm	47.4000 B
T3	1000 ppm	44.4000 B
T2	500 ppm	35.2000 C
T1	0 ppm	34.8000 C

Tukey = 10.4215

El análisis de la prueba de Tukey colocó al tratamiento T5, donde se utilizó una concentración de 2000 ppm de ácido giberélico, como el mejor para incrementar el cuaje o amarre de frutos de papaya con una media de 69.45 frutos por planta, esto representa 1.99 veces más que el testigo con un incremento del 199.42%.

Los tratamientos T4 donde se aplicaron 1500 ppm y el tratamiento T3 donde se utilizaron 1000 ppm de ácido giberélico, estadísticamente presentan resultados similares, siendo estos mayores al testigo, produciendo 1.32 veces más que el testigo, con un incremento del 131.89%.

Los tratamientos T2 donde se aplicaron 500 ppm de ácido giberélico, y el tratamiento testigo no presentaron diferencia estadística entre sí, presentando resultados similares en el cuaje de frutos, por lo que es mejor no realizar ninguna aplicación para no incrementar los costos de producción.

Los resultados aquí reportados sobre el incremento en el amarre de frutos coinciden con los obtenidos por Chen (1983) y Malik y Singh (2006), citados por Pérez, Vázquez, Osuna & Urías (2008), en evaluaciones realizadas en mango Ataulfo en el año 2007, donde las inflorescencia tratadas con GA<sub>3</sub>, incrementaron el amarre entre tres y cinco veces más en comparación con el

testigo. Las evaluaciones realizadas en el año 2008, las inflorescencias tratadas con ácido Giberelico incrementaron esta variable entre el 41 a 283 % con relación al testigo, obteniendo 2.9 frutos por inflorescencia en las ramas testigo y en las tratadas con AG<sub>3</sub> el amarre fue entre 4.1 y 11.1 frutos por inflorescencia; favoreciendo el cuajado de frutos.

## 7.2 Efecto sobre el tamaño del fruto

Las mediciones realizadas para determinar el efecto de la aplicación de ácido Giberelico sobre el tamaño del fruto se realizaron al final de la cosecha, a los resultados se les realizó análisis de varianza y debido a que presentaron diferencia estadística significativa se les realizó prueba múltiple de medias, los resultados se presentan en la tabla 6.

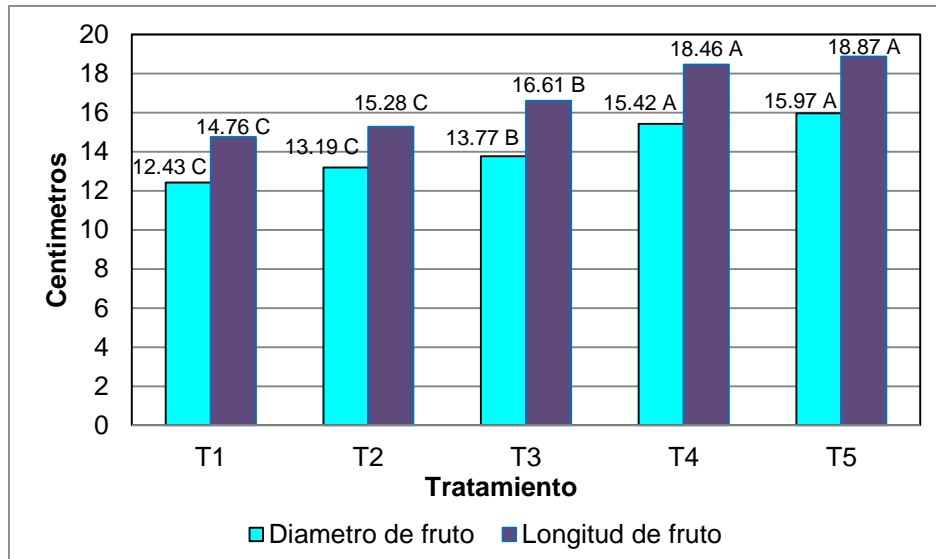
Tabla 6

*Prueba de Tukey para diámetro y longitud de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papaua.*

Tratamiento	Concentración	Media de diámetro	Media de longitud
T5	2000 ppm	15.9700 A	18.8700 A
T4	1500 ppm	15.4280 A	18.4640 A
T3	1000 ppm	13.7700 B	16.6140 B
T2	500 ppm	13.1900 C	15.2800 C
T1	0 ppm	12.4300 C	14.7600 C
C.V.		3.04%	2.28%
Tukey		0.8321	0.7409
Nivel de Significancia		0.05	0.05

La separación de medias de los tratamientos para las variables diámetro y longitud de frutos mostraron diferencia estadística significativa entre tratamientos, esto significa que hubo incremento en el tamaño de frutos, aceptándose la hipótesis alterna, por lo que para los dos variables la separación de medias agrupa de igual manera a los tratamientos que afectaron tanto al diámetro como a la longitud de frutos.

La separación de medias determinó que los tratamientos T4 donde se aplicaron 1500 y T5 donde se aplicaron 2000 ppm de ácido giberelico, estadísticamente permiten alcanzar diámetros y longitudes de frutos de papausa similares, siendo estos los tratamientos que permitieron alcanzar el mayor tamaño, superando al tratamiento testigo en un 27.84%. El comportamiento de las longitudes y diámetro por tratamiento se presentan en la figura 4.



*Figura 4.* Longitud y diámetro de frutos de papausa logrados por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.

El comportamiento de las barras de la figura 4 y la separación de medias de la prueba de Tukey, clasifican como los mejores tratamientos a T4 y T5, estadísticamente las concentraciones de 2000 y 1500 ppm de ácido giberelico influyen de igual manera en el tamaño del fruto de papausa.

El tratamiento T3 donde se aplicó 1000 ppm de ácido giberelico, también incremento en un 12.53% el tamaño con respecto al tamaño de los frutos del tratamiento testigo, este tratamiento fue la segunda mejor opción.

El incremento en tamaño (longitud y diámetro) del fruto encontrado en este estudio también ha sido reportado por otros autores. Malik y Singh (2006) en otros frutales como Litchi. Con

respecto al tamaño del fruto tuvieron un incremento de 5 a 41 % en el diámetro y de 11 a 51 % en la longitud; los frutos más grandes se obtuvieron con el tratamiento con AG<sub>3</sub>, lo cual significó un incremento de hasta 222 % con relación al testigo. Los resultados del incremento en longitud y diámetro obtenidos probablemente son debidos a que la aplicación exógena de reguladores del crecimiento esté supliendo la falta de estas hormonas en los frutos y por ende incrementen el tamaño, ya que se menciona que la semilla es la fuente de hormonas como giberelinas y citocininas, las cuales son las responsables de la multiplicación y división celular.

### 7.3 Efecto sobre el peso del fruto

La determinación del peso del fruto se realizó al final de la evaluación, pesándose con el auxilio de una balanza analítica todos los frutos cosechados, los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, los cuales se presentan en la tabla 7.

Tabla 7

*Análisis de varianza para peso promedio de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	425608.000000	106402.000000	60.0209	0.000*
Repeticiones	4	14336.000000	3584.000000	2.0217	0.139 <sup>NS</sup>
Error	16	28364.000000	1772.750000		
Total	24	468308.000000			

C.V. = 2.98%

Como respuesta a las aspersiones de ácido giberelico, se tuvo diferencia estadística significativa entre concentraciones utilizadas, los resultados que se presentan en el cuadro 8, se sometieron a separación de medias a través de la prueba de Tukey, por lo que se acepta la hipótesis alterna, donde se propuso que al menos uno de los tratamientos incrementaría el peso de los frutos, los resultados de la separación de medias se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

*Prueba de Tukey para peso de frutos de papausa por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.*

Tratamiento	Concentración	Media
T5	2000 ppm	1599.2061 A
T4	1500 ppm	1505.4979 B
T3	1000 ppm	1424.4979 B
T2	500 ppm	1269.2700 C
T1	0 ppm	1267.7001 C

Tukey = 81.5317

El análisis realizado a través de la prueba de Tukey, permitió diferenciar los tratamientos de acuerdo a su importancia en el peso de los frutos, por lo que se tuvo que el tratamiento T5, donde se aplicaron 2000 ppm de ácido giberelico se incrementó en 1.26 veces más el peso de frutos que el tratamiento testigo, siendo este el mejor tratamiento para ganar peso.

Los tratamientos T4 donde se aplicaron 1500 ppm y T3 donde se aplicaron 1000 ppm de ácido giberelico, estadísticamente permitieron incrementar el peso de los frutos de manera similar, por lo que la aplicación de cualquiera de los tratamientos permitirá obtener resultados similares, estas concentraciones incrementaron el peso de los frutos 1.15 veces más que el tratamiento testigo.

Los resultados obtenidos con el tratamiento T2, donde se aplicaron 500 ppm de ácido giberelico no presento diferencia estadística con el tratamiento testigo T1, teniendo que esta concentración no incide en el peso del fruto, por lo que su aplicación no trae ningún beneficio en la producción de frutos de papausa.

Los resultados publicados por Lavín y Valenzuela (2004) coinciden con los obtenidos en el presente estudio, ya que en general el efecto del AG<sub>3</sub>, es un aumento de peso de frutos, este aumento se relaciona directamente con el tamaño de las células individuales, el que a su vez está

determinado por las propiedades mecánicas de la pared celular. También determinaron que la aplicación de ácido giberelico aumenta el contenido de solidos solubles en los frutos, lo cual incrementa el peso promedio. El efecto positivo se atribuye a la generación de una relación fuente receptáculo que promueve el desplazamiento de los fotosintatos desde las hojas hasta los frutos.

#### 7.4 Número de semillas por fruto

Al final de la evaluación se procedió a realizar el conteo mecánico del número de semillas por fruto para cada uno de los tratamientos, los resultados obtenidos se sometieron a análisis de varianza, los cuales se presentan en la tabla 9.

Tabla 9.

*Análisis de varianza para el número de semillas por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	25.031250	6.257813	0.1805	0.943 <sup>NS</sup>
Repeticiones	4	37.835938	9.458984	0.2729	0.891 <sup>NS</sup>
Error	16	554.570313	34.660645		
Total	24	617.437500			

C.V. = 8.70%

El análisis de varianza realizado, mostró que no se tuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis nula, ya que ninguno de los tratamientos evaluados influyo en el número de semillas por fruto.

El resultado sobre el número de semillas por fruto, coinciden por los reportados por Vidal-Lezama, Vidal-Martínez y Vidal-Hernández (2015), con un número promedio de 68 semillas por fruto. Los diferentes tratamientos aplicados de GA<sub>3</sub> no afectaron en el número de semillas existentes en el fruto así como tampoco presentó diferencias con las aplicaciones de diferentes dosis de GA<sub>3</sub>.

## 7.5 Rendimiento

La comercialización del fruto de papaya, debido a ser un producto altamente perecedero, se realiza a nivel nacional en los diferentes mercados cantonales y regularmente por unidad. Los rendimientos suelen ser variables presentando estos frutales alternancia en sus ciclos de producción, tienen importancia como número de frutos/ha o número de fruto/planta. Los resultados obtenidos en la presente evaluación se proyectaron para la plantación sembrada a pie franco con distanciamientos de 6 m X 6 m, con una densidad de 278 plantas/ha. Los rendimientos obtenidos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10

*Análisis de varianza para el número de frutos por hectárea por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberélico en flores de papaya.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	767689728.0000	191922432.000000	139.7906	0.000*
Repeticiones	4	4402688.0000	1100672.000000	0.8017	0.543 <sup>NS</sup>
Error	16	21966848.0000	1372928.000000		
Total	24	794059264.0000			

C.V. = 7.77%

Al someter al análisis estadístico los resultados del número de frutos por planta para cada una de las concentraciones de ácido giberélico evaluadas, se tuvo que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se aceptó la hipótesis alternativa. Los resultados se sometieron a la separación de medias a través de la prueba de Tukey, los resultados se presentan en la tabla 11.



Tabla 11.

*Prueba de Tukey para rendimiento de número de frutos por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.*

Tratamiento	Concentración GA <sub>3</sub>	Media
T5	2000 ppm	24853.1992 A
T4	1500 ppm	15957.2002 B
T3	1000 ppm	15123.2002 B
T2	500 ppm	9785.5996 C
T1	0 ppm	9674.4004 C

Tukey = 2268.9597

La separación de medias a través de la prueba de Tukey, permitió determinar que el mejor rendimiento del número de frutos por hectárea se obtuvo con el tratamiento T5 donde se aplicaron 2000 ppm de ácido giberelico, obteniendo 24853.19 frutos/ha.

Los tratamientos T4 donde se aplicaron 1500 ppm y el tratamiento T3 donde se aplicaron 1000 ppm de ácido giberelico, permitió obtener rendimientos medios similares los cuales estuvieron en 15540 frutos/ha, estos resultados permiten al productor optar por la concentración más baja debido al costo del producto.

Los tratamientos T2 donde se aplicaron 500 ppm de ácido giberelico y el tratamiento T1 que fue el testigo absoluto, estadísticamente tienen las producciones más bajas las cuales son similares, por lo que por costos es mejor no realizar ninguna aplicación.

Los resultados sobre el incremento de la producción coinciden con los reportados por Sandoval (1998), realizando evaluaciones del efecto de ácido giberélico sobre el peso del racimo de banano, en plantas sin inhibiciones fisiológicas en el crecimiento. Se determinó también que aspersiones de GA<sub>3</sub> en racimos con dos semanas de edad causan un aumento en el peso de los frutos. El efecto positivo se atribuye a la generación de una relación fuente-receptáculo que

promueve el desplazamiento de los fotosintatos desde las hojas hasta los frutos. La época de aplicación del AG produjo efectos altamente significativos en el peso del racimo.

## 7.6 Análisis económico

Para la realización del análisis económico se realizó la determinación de los costos relevantes. Debido a que en este caso se compararon distintas concentraciones de ácido giberelico, los rubros que variaron fueron:

- Costo de las dosis de ácido giberelico
- Jornales para la aplicación de los tratamientos
- Costo de depreciación de equipo
- Jornales de acarreo de agua
- Jornales utilizados para el muestreo

El resumen de estos costos se presenta en la tabla 12.

**7.6.1 Estimación de Costos que varían.** En la tabla 12, se presentan los costos en los que se incurrió durante el experimento.

Tabla 12

*Estimación de costos que varían por efecto de la aplicación exógena de cinco concentraciones de ácido giberelico en flores de papausa.*

Tratamiento	Costo dosis GA <sub>3</sub>	Costo Mantenimiento	Costo de Riego	Costo aplicación	Costo acarreo de agua	Costo cosecha	Costo Total
T1	Q0.00	Q70.00	Q140.93	Q0.00	Q0.00	Q25.00	Q235.93
T2	Q125.00	Q70.00	Q140.93	Q85.00	Q42.50	Q25.00	Q488.43
T3	Q250.00	Q70.00	Q140.93	Q85.00	Q42.50	Q25.00	Q613.43
T4	Q375.00	Q70.00	Q140.93	Q85.00	Q42.50	Q25.00	Q738.43
T5	Q500.00	Q70.00	Q140.93	Q85.00	Q42.50	Q25.00	Q863.43

En la tabla anterior se pueden observar los costos que varían, el tratamiento T5 es el que tienen el mayor costo de los cinco tratamientos evaluados, podemos ver que los tratamientos que utilizan la mayor concentración son los de mayor costo.

**7.6.2 Estimación de los rendimientos ajustados, beneficio bruto y beneficio neto.** Los resultados de esta estimación se presentan en la tabla 13.

Tabla 13.

*Estimación de los rendimientos ajustados, beneficios brutos y beneficios netos, por cada uno de los tratamientos de ácido giberelico evaluados para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya.*

Tratamiento	Rendimientos	Rendimientos	Beneficios	Costos	Beneficios
	Experimentales	Corregidos	Brutos	Variables	Netos
T1	9674.40 <sup>C</sup>	1451.16	Q10,883.70	Q235.93	Q10,647.77
T2	9785.60 <sup>C</sup>	1467.84	Q11,008.80	Q488.43	Q10,520.37
T3	12343.20 <sup>B</sup>	1851.48	Q13,886.10	Q613.43	Q13,272.67
T4	13177.20 <sup>B</sup>	1976.58	Q14,824.35	Q738.43	Q14,085.92
T5	19293.20 <sup>A</sup>	2893.98	Q21,704.85	Q863.43	Q20,841.42

Para obtener los rendimientos experimentales, se promediaron los rendimientos medios obtenidos de campo. Para calcular el rendimiento ajustado de cada tratamiento, se tomaron los rendimientos experimentales los cuales se ven influidos por varios factores que los hacen mucho más altos que los obtenidos por los agricultores, por lo que se ajustaron para poder acercarse a los obtenibles por el agricultor. En este caso se utilizó una tasa de ajuste del 15%.

**7.6.3 Análisis de dominancia.** Para este análisis se organizaron los datos de costos que varían y beneficios netos, en orden creciente de los costos que varían. Luego se determinaron si los tratamientos eran dominados o no, los resultados se presentan en la tabla 14.

Tabla 14.

*Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos de ácido giberélico evaluados para el cuaje, tamaño y rendimiento de frutos de papaya.*

Tratamiento	Costos que Varían	Beneficios Netos	Decisión
T1	Q235.93	Q10,647.77	No dominado
T2	Q488.43	Q10,520.37	Dominado
T3	Q613.43	Q13,272.67	No dominado
T4	Q738.43	Q14,085.92	No dominado
T5	Q863.43	Q20,841.42	No dominado

De acuerdo al análisis de dominancia, podemos ver en la tabla anterior que los tratamientos T1, T3, T4 Y T5, son No dominados, por lo que se consideran rentables ya que al aumentar sus costos variables, también aumentaron sus beneficios netos. El tratamiento T2, presenta beneficios netos menores que el tratamiento testigo, por lo que se clasifica como dominado.

**7.6.4 Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM).** Se procedió a realizar el cálculo de la tasa de retorno marginal con los tratamientos no dominados, los resultados en la tabla 15.

Tabla 15.

*Calculo de la tasa de retorno marginal de las concentraciones de ácido giberélico no dominadas.*

Tratamiento	Costos que Varían	Beneficios Netos	$\Delta$ C. V.	$\Delta$ B. N.	TRM (%)
T1	Q235.93	Q10,647.77			
T3	Q613.43	Q13,272.67	Q377.50	Q 2,624.90	6.95
T4	Q738.43	Q14,085.92	Q125.00	Q 813.25	6.51
T5	Q863.43	Q20,841.42	Q125.00	Q 6,755.50	54.04

**7.6.5 Cálculo de la tasa mínima de retorno (TAMIR).** La tasa de interés en el mercado financiero (activa) para el sur occidente es del 13.4%, lo cual al sumarle el 40% del retorno mínimo exigido a la agricultura, se obtiene una TAMIR de 53.40%.

**7.6.6 Determinación del tratamiento más rentable.** Siguiendo el criterio de optimalidad, “el tratamiento más rentable es el último para el cual se cumple la condición,  $TMR \geq TAMIR$ ”, se observa que este se cumple en el tratamiento T5, TMR (54.04 %) es  $\geq$  que la TAMIR (53.40%). El tratamiento T5, presentó la mejor rentabilidad y constituye la recomendación para los productores de papaya del parcelamiento el Pital, Coatepeque, Quetzaltenango.

## 8. Conclusiones

Al evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de ácido giberelico sobre el cuaje de frutos de papausa (*A. diversifolia*). Se tuvo que el tratamiento donde se utilizaron 2000 ppm, fue el mejor ya que incrementó el cuaje en un 199.42%, con una media de 69.45 frutos/planta, lo que representó 1.99 veces más frutos que el tratamiento testigo.

La prueba de Tukey permito determinar que los tratamientos donde se aplicaron 1500 ppm y 2000 ppm de ácido giberelico estadísticamente fueron los mejores, ya que con ellos se alcanzó el mayor tamaño de frutos de papausa, superando en un 27.84% al tratamiento testigo.

Al realizar el análisis estadístico del peso de frutos, se tuvo que el tratamiento donde se aplicaron 2000 ppm de ácido giberelico, incrementó 1.26 veces más el peso de frutos que el tratamiento testigo, alcanzando una media de 1599.20 gramos.

Al realizar el análisis de varianza sobre el número de semillas/fruto no se tuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis nula, ya que ninguno de los tratamientos evaluados influyo sobre esta variable.

El análisis estadístico del rendimiento de número de frutos/ha, determinó que el tratamiento T5 donde se aplicaron 2000 ppm de ácido giberelico fue el mejor, obteniendo 24853.19 frutos/ha.

El tratamiento más rentable se obtuvo al aplicar 2000 ppm ya que cumplió la condición,  $TRM \geq TAMIR$ , donde se tuvo una tasa de retorno marginal del 54.04 % siendo mayor que la tasa mínima de retorno que fue 53.40%.

## **9. Recomendaciones**

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda a los productores de papaya del parcelamiento el Pital, Coatepeque, Quetzaltenango, la aspersión dirigida al botón floral, hasta punto de goteo, de la dilución en agua de ácido giberelico a una concentración de 2000 ppm, ya que este tratamiento permitió obtener el mayor número de frutos, frutos más grandes, con el mayor rendimiento y el más rentable.

Se recomienda en futuras investigaciones evaluar la aplicación de ácido giberelico ente 1 a 5 días en la etapa de pre-antesis y entre 1 a 5 días en la etapa de post-antesis.

Evaluar aplicaciones de ácido giberelico mas citoquininas para determinar cómo esta mezcla incide en el desarrollo del fruto de papaya.

Se recomienda evaluar las aplicaciones de ácido giberelico de solo 1 o 6 veces con giberelinas con acuerdo con los resultados obtenidos por Saavedra (1979), Carter (1981) y por Koura et al. (2004).

## 10. Bibliografía

- Agusti, M. y V. Almela, (1991). *Aplicación de fitorreguladores en citricultura*. Aedos. Barcelona, España. 269 p.
- Anasac (2014). *Gyberplus®*, polvo efervescente, regulador del crecimiento. Ficha técnica, Agrícola Nacional S. A. Santiago de Chile, Chile.
- Avilan L; Leal, F. (1989). *Manual de Fruticultura, cultivo y producción*. Editorial América, C.A., Chacaito, Caracas. Venezuela. P. 326-331.
- Badr S. A, & Hartmann H. T, (1972). *Endogenous gibberellins and inhibitors in relation to flower induction and inflorescence development in the olive*. Plant Physiol. Nov; 46(5):674-9.
- Barahona C, M. & Sancho B, E. (1992). *Fruticultura especial*. 1ª Ed. Universidad estatal a distancia. San José Costa Rica.
- Barahona, CM.; Sancho B., E. (1991). *Fruticultura General I*, 2 ed, San José, Costa rica. p. 61 – 121.
- Bayer (2005). *Ácido Giberélico (A.G.3) –SL*. Disponible en línea: <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproducto.asp?id=50>
- Cartagena, J. & Bareto J. (1998). *Efecto del ácido giberélico y el método de siembra en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de anona colorada (Annona reticulata L.)*. Rev. Facultad Nacional Agr. Medellín 51(2):235-244.
- Chávez, PE; Marroquín, A. E. et al.(2002). *Estudio Etnobotánico de la Ilama (Annona diversifolia) en Tejupilco, México*. Universidad Autónoma de Chapingo, departamento de Fitotecnia, México. 14 p.



- Conte, L. Angela, M., Falcao, M. & Lleras, E. (1982). *Aspectos fenológicos, ecológicos e de productividade da graviola Annona muricata L. ña regio de Manaus*. Acta Amazónica (Brasil). v. 12. n. 1. pp. 27- 32. 1982.
- Cruz, P. E. (2001). *Guía Técnica del cultivo de la Anona*. San Andrés, La Libertad, MAG-CENTA. 36 P.
- Cruz, P. E. 2001. *Guía Técnica del cultivo de la Anona*. San Andrés, La Libertad, MAG-CENTA. 36 P.
- Cruz, P. E; Parada, P. F. (2001). *El cultivo de la Anona en El Salvador*. San Andrés, La Libertad. MAG-CENTA 6 p.
- Cruz, E; & Deras, H. (1999). *Diagnóstico Ecogeográfico de especies de anonáceas en El Salvador*. Centro Nacional de Tecnología y Forestal, CENTA, San Andrés, La Libertad. p. 4- 6.
- Davies, P. J. (1995). *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer.
- De La Cruz, S. (1982). *Clasificación de zonas de vida a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación.
- Escobar, W; Zarate, R. & Bastidas. A. (1986) *Biología floral y polinización Artificial de Guanabo (Annona muricata L). En condiciones del valle del Cauca, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Acta Agron. vol. 36(1) 7-20·1986
- Escobar, O. (1996). *Polinización artificial en chirimoya (Annona cherimola Mill)*. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 34p.
- FAO (2004). *Colecta de material nativo, Annonaceae*. USDA-FAO. USA.

- Fuentes, .A. (2011). *Diagnostico del Caserío Rancho Alegre*, Aldea Las Palmas, Coatepeque. Centro Universitario de Occidente, USAC. 26p.
- Gardiazabal, F.; & Rosenberg, G. (1993). *El cultivo del chirimoyo. Valparaíso, Chile*. Ediciones Universitarias. 145p.
- Gazit, S. (1982). *The role of nitidulid beetles in natural pollination of annona in Israel*. J. Amer. Soc. Hort. (EE.UU.) 107(5):849 – 852.
- Gonzáles, J; Pérez, A.; & Farre, J. (1996). *Estudios sobre polinización del chirimoyo*. En: Memoria. Congreso Internacional de Anonáceas, Chapingo, Méx. P.43-55.
- González, A.; Luna, L.; Álvarez, G. & Paz, Y. (1997). *Estudios sobre el letargo de (A. diversifolia Saff.)*. In Congreso internacional de anonáceas (1997, Chapingo, México). Memoria. México, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 32.
- Guirado, E. (1988). *Chirimoyo. Comparación de métodos de polinización artificial. Análisis de componentes de fruto*. Efecto del acido giberelico en el desarrollo del fruto y sus componentes. UITA. La Rábida (Huelva). España Ed Caja Rural de Granada.
- Guirado, E.; Hermoso, J.; Pérez, M.; García-Tapia, J. Y Farre, J. (2001). *Polinización del chirimoyo*. Finca Experimental La Nacla. España Ed. Caja Rural de Granada. Junta Andalucía. 52 p.
- Henny, R. & Chen J. (2011). *Using Gibberellic Acid and Ethephon to Induce Flowers on Tropical Foliage Plants*. Disponible en línea: <http://edis.ifas.ufl.edu/ep447>
- IBGRI (1986). *Sistema de Información Taxonómica Integrada*, International Board for Plant Genetic Resources, (IBPGR), Rome (Italy). 46 p.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (1989). *Compendio agronomía Tropical*, Tomo II, San José, Costa Rica. p. 285 y. 428- 429.
- Irigoyen, N. (2004). *Guía Técnica del cultivo de la Anona*. IICA- FRUTAL ESMAG, Santa Tecla, El Salvador. 36 p.
- Jones, S. B. (1987). *Sistemática vegetal*. Trad. por María de Lourdes Huesca. México, Mc-Graw Hill. 336 p.
- Koura, S., Hasegawa, K., y Yamamoto. Y. (2004). *Fruit set and fruit growth of seedless cherimoya (Annona cherimola Mill.) induced by GA<sub>3</sub> under greenhouse cultivation in Japan*. Acta horticulturae 653: 63-66.
- Lallana V. (2002). *Usos de los Reguladores Sintéticos*. Plan de Estudios 2002, Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. Disponible en línea: [http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV\\_2010/mat\\_did/Usos%20de%20Reguladores%20Sinteticos.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/Usos%20de%20Reguladores%20Sinteticos.pdf)
- León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA, San José de Costa Rica. 445 p.
- Lavín, A. y Valenzuela, J. (2006). *Efecto de dosis de ácido giberelico sobre la producción y algunas características del fruto de vid*. Programa frutales, INIA, Santiago de Chile, Chile.
- Malik, A.; Singh, Z. (2006). *Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines*. Scientia Horticulturae 110: 167-174.
- Nájera, C.A. (1995). *Diagnóstico de la situación actual de la finca Particular Guanacaste*. Coatepeque, Quetzaltenango. Guatemala: Centro universitario de sur occidente.

- Pérez, M., Vásquez, J. Osuna, M. y Urías, L. (2008). *Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocarpicos en Mango Ataulfo con reguladores de crecimiento*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Nayarit, México.
- Rodríguez, P. 1997. *Incremento del cuajado de frutos en atemoya (Annona cherimola x Annona squamosa) con polinización manual directa por la mañana o por la tarde*. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 24p.
- Ponce H., J.M. (1977). *Multiplicación por injerto de la guanábana, Annona muricata L.* Tesis. Ing. Agr. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 66 p.
- Popenoe, W. (1920). *Manual de frutas tropicales y subtropicales*. New York, XVI, 476 p.
- Saavedra, E. (1977). *Influence of pollen grain stage at the time of hand pollination as a factor on fruit set of cherimoya*. HortScience (EE.UU.) 12(2): 117 – 118.
- Sandoval, J. (1998). *Evaluación del ácido giberélico para estimular el crecimiento de plantas de banano (Musa AAA) con sofocamiento foliar*. Revista Corbana 23 (49): 77- 84.
- Sanewski, G. (1988). *Growing custard apples*. Queensland Department of Primary Industries. 86p.
- Serrani, J. (2008). *Interacción de Giberelinas y Auxinas en la fructificación del tomate (Lycopersicon esculentum, Mill)*. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Politécnica de València, España.
- Simmons, Ch. 5., Tárano, J. M., y Pinto J. H. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Traducción P. Tirado. Guatemala: José de Pineda Ibarra.

Sistema Integrado de Información Taxonómica (2018) *Annona diversifolia*. Clasificación taxonómica acceso a datos y herramientas, consultado el 20/05/2018 y disponible en: [www.itis.gov](http://www.itis.gov).

Soberón J. R., Quiroga E. N., Sampietro A. R., Vattuone M. A. (2005). *Gibberelinas*. Disponible en línea: [http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores\\_vegetales\\_2005/giberelinas.htm](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/giberelinas.htm)

Sponsel, V. M. (1995). "*Gibberellin biosynthesis and metabolism*". Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Dordrecht: Kluwer. pp. 66-97

Vidal, C (1993). *Diagnóstico técnico de la chirimoya (Annona cherimola Mill.) en el estado de Veracruz, México*. En: Memoria. Congreso Internacional de Anonáceas, Chapingo, Méx. P. 6.

Villalta, R. (1988). *Estudio de la biología floral e identificación de agentes polinizadores de la guanábana (Annona muricata Linné) en la zona Atlántica de Costa Rica*. Tesis. Heredia, C. R. Universidad Nacional Autónoma, 61 p.

Zavala H., F.; García V., E., Muratalla L., A.; Chávez., S. (1997). *Diferenciación de yemas de Annona diversifolia Saff.*, en la región de tierra caliente, Estado de Guerrero. En: Memoria. Congreso Internacional de Anonáceas, Chapingo, Méx. P. 31-32

## 11. Anexos

Tabla 16

*Variable número de frutos de papaya cuajados por tratamiento, datos de campo.*

Tratamiento	I	II	III	IV	V	Media
0 ppm	34	38	29	35	38	34.8
500 ppm	39	32	37	33	35	35.2
1000 ppm	38	50	43	47	44	44.4
1500 ppm	56	45	43	49	44	47.4
2000 ppm	66	72	65	74	70	69.4

Tabla 17

*Variable diámetro (cm) de frutos de papaya por tratamiento, datos de campo.*

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
T1	12.8000	11.9000	12.7500	12.5500	12.1500
T2	13.4000	12.8000	12.8500	13.1000	13.8000
T3	13.2500	14.3000	13.8000	13.4500	14.0500
T4	15.8800	15.1500	15.9800	14.8000	15.3300
T5	16.3500	15.8000	15.6600	16.2200	15.8200

Tabla 18

*Análisis de varianza para el diámetro de frutos de papaya.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	44.849121	11.212280	60.7279	0.000*
Repeticiones	4	0.428223	0.107056	0.5798	0.684 <sup>NS</sup>
Error	16	2.954102	0.184631		
Total	24	48.231445			

C.V. = 3.04%

Tabla 19

*Variable longitud de frutos de papaya, datos de campo.*

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
T1	14.8000	14.9000	14.8000	15.0500	14.2500
T2	15.5000	15.1000	15.7500	15.2500	14.8000
T3	16.3300	17.0500	16.7900	16.1700	16.7300
T4	18.3500	18.9000	17.9500	18.7700	18.3500
T5	19.3300	18.8000	18.2200	18.9500	19.0500

Tabla 20

*Análisis de varianza para longitud de frutos de papausa.*

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	4	67.802734	16.950684	115.7890	0.000*
Repeticiones	4	0.321777	0.080444	0.5495	0.705 <sup>NS</sup>
Error	16	2.342285	0.146393		
Total	24	70.466797			

C.V. = 2.80%

Tabla 21

*Variable peso de frutos de papausa, datos de campo (gr).*

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
T1	1256.4000	1275.7000	1298.8000	1267.2500	1240.3500
T2	1290.9500	1249.1300	1229.7100	1302.1000	1274.4600
T3	1483.8300	1368.0300	1396.7600	1436.0400	1435.7700
T4	1572.2400	1530.6600	1476.7000	1575.9900	1371.9000
T5	1606.1801	1594.1500	1589.9900	1620.0500	1585.6600



Tabla 22

*Variable número de semillas por frutos de papaya, datos de campo.*

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
T1	66.0000	60.0000	74.0000	72.0000	62.0000
T2	60.0000	71.0000	68.0000	66.0000	73.0000
T3	73.0000	62.0000	68.0000	75.0000	62.0000
T4	66.0000	74.0000	68.0000	62.0000	63.0000
T5	69.0000	74.0000	61.0000	73.0000	70.0000

Tabla 23.

*Rendimiento del número de frutos de papaya por hectárea por tratamiento, datos de campo.*

Tratamiento	I	II	III	IV	V	Media
0 ppm	9452	10564	8062	9730	10564	9674.4
500 ppm	10842	8896	10286	9174	9730	9785.6
1000 ppm	10564	13900	11954	13066	12232	12343.2
1500 ppm	15568	12510	11954	13622	12232	13177.2
2000 ppm	18348	20016	18070	20572	19460	19293.2

Tabla 24

*Rendimiento en kilogramos de frutos de papaya por hectárea por tratamiento, datos de campo.*

Tratamiento	I	II	III	IV	V	Media
0 ppm	11875.49	13476.49	10470.93	12330.34	13103.06	12251.26
500 ppm	13996.49	11112.28	12648.82	11945.46	12400.49	12420.71
1000 ppm	15675.15	19015.58	16696.86	18763.25	17562.29	17542.62
1500 ppm	24476.57	19148.51	17652.53	21468.08	16781.03	19905.34
2000 ppm	29470.22	31908.52	28731.1	33327.72	30857.01	30858.92



*Figura 5.* Flores de papaya seleccionadas y asperjadas con diferentes concentraciones de ácido giberelico.



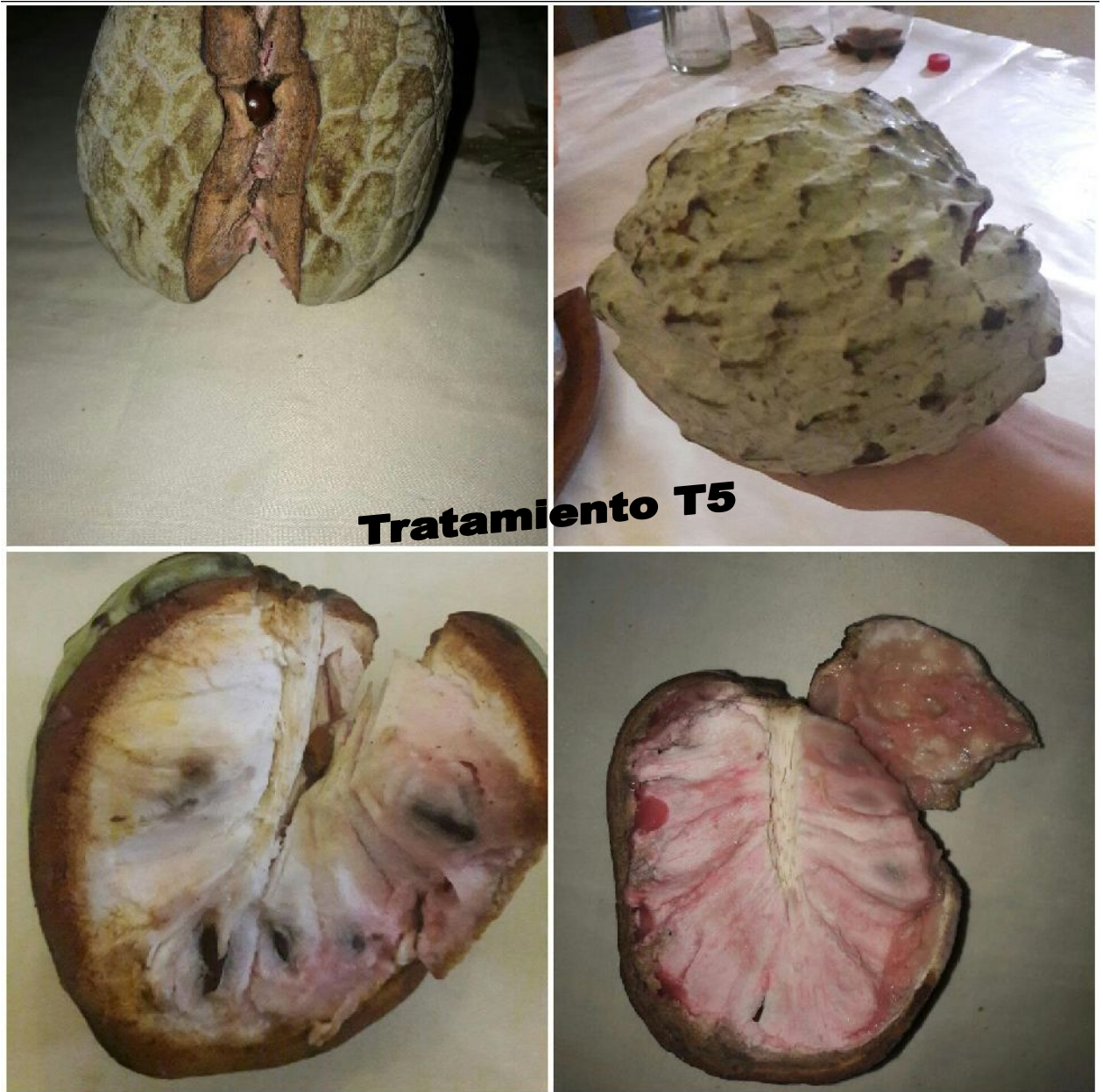


*Figura 6.* Frutos de papaya cuajados, provenientes de flores asperjadas con diferentes concentraciones de ácido giberélico.





*Figura 7.* Medición de diámetro de frutos de papaya (plano ecuatorial) provenientes de flores asperjados con diferentes concentraciones de ácido giberélico.



*Figura 8.* Frutos de papaya presentando madurez fisiológica, provenientes de tratamiento T5.





*Figura 9.* Semillas provenientes de frutos de papaya tratadas bajo diferentes concentraciones de ácido giberelico.