

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE POLINIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA
FRUCTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) EN
CATACAMAS, OLANCHO.**

INGRID IBET CASTILLO MATÍAS

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE AGRICULTURA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

**EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE POLINIZACIÓN Y SU EFECTO EN LA
FRUCTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) EN
CATACAMAS, OLANCHO.**

INGRID IBET CASTILLO MATÍAS

JOSE BAYARDO ALEMAN MSc.
Asesor principal

**TESIS
PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE AGRICULTURA PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

PRIMERAMENTE A DIOS TODO PODEROSO por permitirme llegar exitosamente hasta donde estoy, dándome la sabiduría y entendimiento para hacer las cosas de la mejor manera.

A mis padres, **CAYETANO CASTILLO DIAZ Y AGUSTINA MATIAS VIJIL** por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos, **GERARDO, EDY, SANDRA, GILMA, WENDY, WALDINA**, por sus consejos y apoyo en todo momento.

A toda mi familia por permanecer conmigo en los momentos difíciles y alegres de mi vida, gracias por su apoyo.

A mis amigos, Thomas, Sagri, Manolo, Escalante, Anny, Tawaka, Sentí y la China por su apoyo en los momentos buenos y malos.

AGRADECIMIENTO

PRIMERAMENTE A DIOS TODO PODEROSO por darme fuerza en todo momento guiándome de la mejor manera y así poder lograr mis metas con éxito.

A mis asesores, **MSc. BAYARDO ALEMAN, MSc. GUSTAVO LOPEZ, MSc. JOSE TRINIDAD REYES**, por guiarme en mi trabajo de tesis, gracias por su apoyo.

A mis compañeros que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo emocional y profesional.

A mis compañeras de habitación, **NORMA DERAS, PATRICIA MELGAR, NORMA CRUZ, MELISSA GARCIA, BRENDA PORTILLO y GABRIELA MARADIAGA** por haberme regalado parte de su tiempo, amor y alegría.

A **GILMA LUZ CASTILLO**, por su apoyo incondicional en todo momento y por su amor.

A **JOSE MANUEL ESCALANTE SAUCEDA**, por su apoyo incondicional, por su amor, cariño y por los momentos juntos.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
GLOSARIO	ix
RESUMEN	x
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Generales	3
2.2 Específicos	3
III REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Generalidades del cultivo de guanábana	4
3.2 Descripción botánica	4
3.3 Importancia económica.....	5
3.4 Manejo agronómico.....	5
3.5 Biología floral	10
3.6 La polinización en el cultivo de guanábana	12
3.7 Formación del fruto	13
IV MATERIALES Y METODOS	16
4.1 Área de estudio.....	16
4.2 Diseño experimental y tratamientos	17
4.3 Modelo estadístico.....	17

4.4 Variables evaluadas.....	18
4.5 Análisis estadístico	19
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
VI CONCLUSIONES	24
VII RECOMENDACIONES	25
VIII BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS	28

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos experimentales.	17
Cuadro 2. Diferencias de medias en flores fecundadas.	20
Cuadro 3. Comparación de medias para frutos formados.	21
Cuadro 4. Diferencias de medias, transformadas, para el aborto floral.	21
Cuadro 5. Diferencias de medias, transformadas, para frutos con buena formación.	22
Cuadro 6. Diferencias de medias para frutos con mala formación.	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	16
Figura 2. Resultados para las variables experimentales.....	23

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Secuencia fotográfica de la polinización natural (T_1).....	28
Anexo 2. Secuencia fotográfica de la polinización manual + natural (T_2).	28
Anexo 3. Secuencia fotográfica de la autopolinización (T_3).....	29
Anexo 4. Análisis de varianza para flores fecundadas.	29
Anexo 5. Análisis de varianza para aborto floral.	29
Anexo 6. Análisis de varianza para fructificación.....	30
Anexo 7. Análisis de varianza transformados para frutos con buena formación.	30

GLOSARIO

Antesis: Fase floral en que ocurre la liberación de polen.

Androceo: Estructura masculina de una flor.

Dicogamia: Desincronización temporal en las fases fértiles del androceo y gineceo de una flor.

FCBF: Frutos con buena formación.

FCMF: Frutos con mala formación

FF: Flores fecundadas

Protoginia: Tipo de dicogamia en que el gineceo madura primero que el androceo.

Protandria: Tipo de dicogamia en que el androceo madura primero que el gineceo.

Crecimiento plagiotrópico: Desarrollo vertical de la estructura de un árbol como resultado de la dominancia apical, desarrollando ramas laterales en orden simétrico.

Crecimiento ortotrópico: Desarrollo horizontal de la estructura de una planta, de manera natural, o como resultado de podas de formación eliminando la dominancia apical, como en el caso de la guanábana.

Castillo Matías, I. I. 2013. Evaluación de tres tipos de polinización y su efecto en la fructificación del cultivo de guanábana (*Annona muricata*). Tesis de ingeniero agrónomo. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 41 pag.

RESUMEN

La investigación se realizó en una plantación comercial de guanábana, en la finca “San Miguelito” localizada a 6 km de la ciudad de Catacamas. El objetivo fue evaluar tres tipos de polinización y su efecto en la fructificación del cultivo de guanábana (*Annona muricata*). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y tres tratamientos: Polinización natural (T₁), polinización manual + natural (T₂) y autopolinización (T₃). Las variables evaluadas fueron; flores fecundadas (FF), fructificación (F), aborto floral (AF), frutos con buena formación (FCBF) y frutos con mala formación (FCMF). Los datos, de las variables experimentales, se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza y se aplicó la prueba de Duncan. El T₂ presento los resultados significativos para las variables (FF, F y FCBF) con los valores: 96.94%, 93% y 82.16% respectivamente. Se concluyó que la polinización manual incrementa significativamente la fructificación. La principal recomendación es que se incluya la polinización manual en el manejo agronómico del cultivo de guanábana.

Palabras claves: Polinización manual, dicogamia, guanábana.

I INTRODUCCION

El cultivo de guanábana (*Annona muricata*) es un recurso vegetal promisorio explotado principalmente en Colombia, Brasil, Perú y otros países del continente americano. Además se ha extendido a otros países tropicales de otros continentes (Murillo 1989). En Centroamérica; Costa Rica y Guatemala son los máximos productores. En Honduras el cultivo esta poco desarrollado registrándose un estimado de ocho productores con una superficie de 10 ha con diferentes niveles de tecnificación y es frecuente encontrar arboles de guanábana, sin ningún manejo, en los patios de las viviendas del área rural y urbana¹.

El principal problema del cultivo de guanábana es la baja producción de frutos resultante de una deficiente polinización. Esta condición fisiológica está determinada por la desincronización entre los estados receptivos del gineceo y androceo durante la floración. Este fenómeno conocido como dicogamia obliga a que la polinización sea cruzada aun cuando las flores son hermafroditas (Guzmán 1982, Figueroa 1978, Conte 1982).

Diversos estudios proponen que existen dos razas de guanábana; una raza que depende de la polinización cruzada, entomófila, principalmente por el escarabajo *Cyclocephala amazona*. Otra raza presenta fisiología floral que permite la autofecundación. Por esta doble condición, se considera que en una misma plantación pueden existir plantas, que de manera indistinta, presentan los dos tipos de polinización (Murillo 1989)

Bastidas *et al* (1986) demostró que la polinización manual aumenta la producción, el tamaño y la velocidad del crecimiento de los frutos, ya que estos factores están en relación

¹ Alemán, JB. 2013. Situación actual del cultivo de guanábana en Honduras. Departamento Académico de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Agricultura (Entrevista). Catacamas Olancho.

directa con el número de pistilos fecundados. En este orden, el objetivo principal de la investigación fue evaluar tres tipos de polinización (manual, natural y autopolinización) y su efecto en la fructificación del cultivo de guanábana (*Annona muricata*). El T₂ (Polinización manual + natural) presentó el mejor resultado para la fructificación.

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar tres tipos de polinización y su efecto en la fructificación del cultivo de guanábana (*Annona muricata*).

2.2 Específicos

Identificar qué tipo de polinización presenta la mayor tasa de fecundación y fructificación.

Identificar qué tipo de polinización presenta la mayor tasa de frutos con buena formación.

III REVISION DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de guanábana

La guanábana es originaria de América tropical, se encuentra dispersa en Mesoamérica, Antillas y Brasil. En los Estados Unidos únicamente crece en el sur de la Florida (Can Pech 1981). Según Salas (1993), en Nicaragua esta especie se encuentra bien distribuida, tanto en estado silvestre como cultivada. La fruta es fuente de vitaminas B, C y minerales. Contiene 2.07% de pectina y por sus cualidades aromáticas excepcionales tiene gran potencial para la agroindustria.

3.2 Descripción botánica

La guanábana pertenece a la familia Anonaceae, género *Annona*, especie *muricata*. El árbol mide 3 a 10 m de alto, ramificado, cónico, frondoso, con hojas ovaladas elípticas de 2 a 6 cm de ancho por 6 a 12 cm de largo, con yemas axilares. La raíz es pivotante con anclaje ramificado fuerte, el mayor porcentaje se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad. Las flores son hermafroditas, distribuidas a lo largo del tallo y en las axilas, las frutas se constituyen en una baya producto de múltiples ovarios (Miranda *et al.* 1998, Méndez 2003).

Arango (1975) afirma que la fruta de guanábana es de forma oblonga cónica, semejante a un corazón o de forma irregular, esto último debido a un desarrollo inapropiado del carpelo o vacíos producidos por insectos. La fruta alcanza los 10 a 30 cm de longitud, está cubierta por una cáscara de color verde oscuro con varias espinas pequeñas, suaves y carnosas que se desprenden fácilmente cuando la fruta está madura. La pulpa es agri dulce, aromática,

blanca, cremosa, jugosa y suave, recubre totalmente las semillas negras que tienen dimensiones en promedio de 1 a 2 cm de largo, cada fruta puede tener hasta 200 semillas. El peso de la fruta oscila entre 1 a 5 kg, cuando está madura se vuelve verde mate y adquiere una consistencia blanda, con apariencia verticulada (Méndez 2003).

3.3 Importancia económica.

El principal valor económico de la guanábana es la producción de frutas, aunque también se utilizan las hojas para elaboración de medicina natural. La pulpa es consumida en forma de jugo, cremas, helados, y como fruta fresca. La mayor demanda está representada por la industria procesadora de pulpa. Los países europeos, principalmente Alemania y Holanda, y Japón en el continente asiático representan importantes mercados para la comercialización de la pulpa de guanábana. Actualmente, Estados Unidos de Norte América es el principal mercado de exportación con un registro, aproximado, de 13 compañías que procesan pulpa de guanábana (IIFT 2011).

3.4 Manejo agronómico

3.4.1. Requerimientos edafoclimáticos

Según IIFT (2011) el cultivo se desarrolla favorablemente en zonas donde las temperaturas oscilan entre 21 °C y 30 °C. Los periodos de temperaturas y humedad relativa baja promueven en la planta un comportamiento caducifolio, dejando la copa bastante defoliada. Las temperaturas entre 20 °C y 24 °C y los días cortos inducen la floración, mientras que valores inferiores a 20°C provocan quemaduras en las flores y pérdida de viabilidad del polen. Los valores de temperatura superiores a 30 °C pueden provocar la caída de los frutos recién formados. Los frutos desarrollados durante los meses con temperaturas de 22 °C a 26 °C alcanzan los mayores tamaños.

Cuando las temperaturas son menores de 19 °C los frutos se desarrollan poco y el periodo de crecimiento es prolongado. Es un árbol tolerante a la sequía, aunque puede crecer en condiciones de mucha humedad. Las precipitaciones adecuadas para el cultivo son de 1300-1500 mm anuales bien distribuidos durante todo el año, la falta de humedad provoca la caída de las hojas e interrumpe la floración. En áreas con frecuente nubosidad y humedad relativa alta, las flores y frutos son atacados por enfermedades fungosas. La guanábana presenta un abundante sistema radicular por lo que para la plantación se deben seleccionar suelos sueltos, bien drenados y profundos, con pH entre 5.5-6.5. Puede prosperar en suelos con problemas de salinidad. Se debe evitar su cultivo en suelos calcáreos o los extremadamente arcillosos (IIFT 2011)

3.4.2. Poda

Se define como un conjunto de operaciones (cortes y despuntes) que se realizan para regular el desarrollo en función de la producción. Se trata de establecer un equilibrio en el crecimiento vegetativo y lograr una producción uniforme y abundante de frutos. Con la poda se busca alcanzar dos metas importantes; primera estimular la formación de ramas en árboles jóvenes y segunda, mantener la arquitectura del árbol una vez que las dimensiones deseadas de la copa han sido obtenidas (Vento 2011).

Poda de formación: Una característica de la guanábana es su crecimiento natural plagiotrópico y alta densidad de ramas, lo que dificulta la cosecha de los frutos. Para contrarrestar esta condición estructural, cuando el árbol está en crecimiento, mediante varias podas se selecciona un solo brote para formar el tallo principal, posteriormente se realiza un corte en este tallo principal a 60 cm de altura (seis meses de edad) y se seleccionan de 3 a 4 brotes que son los que formaran las ramas principales. La segunda poda se realiza cuatro meses después de la primera, cuando las ramas alcanzan alrededor de 50 cm de largo, despuntándolas y dejando 3 a 4 brotes por rama bien distribuido y todas las ramas que tengan tendencia a crecer hacia adentro son eliminadas. Después esta poda se repite y a partir de la cuarta poda se dejan crecer las ramas libremente. Como resultado de

estas sucesivas podas se logra un árbol con crecimiento ortotrópico, de forma más redondeada y con mayor superficie productiva. El árbol obtenido no debe sobrepasar los 3.5 m de altura (IIFT 2011).

Poda de mantenimiento: Consiste en eliminar ramas secas o dañadas, brotes que se dirigen al interior de la copa, chupones (ramas improductivas que se desarrollen en sentido vertical o que se originen en la base del tronco) (IIFT, 2011).

3.4.3. Nutrición

El cultivo de guanábana es una planta que combina el desarrollo vegetativo y la producción de frutos continuamente todo el año, por lo que los niveles de extracción de nutrientes son altos, en orden decreciente: $K > N > P > S > Ca > Mg > Fe > Zn > B > Mn > Cu$. La extracción de nutrientes, por tonelada de frutos, corresponde a: Nitrógeno 3.91 kg, Potasio 3.43 kg, Fósforo 0.13 kg, Calcio 0.26 kg, Magnesio 0.24 kg y Azufre 0.27 kg. Las aplicaciones se de fertilizantes se deben fundamentar en el análisis químico de la fertilidad del suelo complementado por análisis foliares de nutrientes (Vento 2011).

Algunas recomendaciones sugieren realizar aplicaciones de 500 g/planta de formula completa (NPK) 9-13-17 en el primero, segundo y tercer año. A partir del cuarto año incrementar a 3 kg/planta, distribuidos en cuatro aplicaciones durante el año; la primera al inicio de las lluvias, la segunda un mes antes de la floración, la tercera un mes después de la fecundación y la cuarta aplicación un mes después de la fructificación. Durante el primero y segundo año del cultivo, es necesario disponer de una buena provisión de nitrógeno, fósforo y potasio, lo que ayuda a la planta a formar adecuadamente su follaje y raíces (Vento 2011).

3.4.4. Riego

Ramírez (2012) indica que el sistema de riego apropiado es la micro-aspersión y se usa esta vía también para aplicar los fertilizantes. Se debe proporcionar la cantidad adecuada de agua durante todo el año, ya que si la guanábana sufre demasiado estrés hídrico se defolia, pierde su potencial productivo, las cosechas son pobres, los frutos pequeños con baja calidad interna y la producción se concentra en ciertos periodos del año.

3.4.5. Control fitosanitario

3.4.5.1. Plantas indeseables

Vento (2011) sostiene que la plantación debe mantenerse libre de plantas indeseables, que compiten por nutrientes y agua, debilitando su crecimiento. Cuando se realicen labores mecánicas de limpieza se debe evitar dañar el tronco de las plantas, pues constituye una fuente de entrada de diversos patógenos que causan pudriciones del tronco y raíz (*Phytophthora* sp, *Fusarium* sp).

3.4.5.2. Insectos dañinos (plagas)

Polilla de la guanábana (*Tecla ortygna*): Los huevos son depositados individualmente sobre las flores, frutos pequeños, yemas, hojas y tallos. La larva se alimenta de flores y penetra en los frutos para alimentarse de la pulpa. El estado de la larva dura de 11 a 12 días, cuando se alimenta de flores y de 12 a 14 días cuando se alimenta de los frutos. La fase de pupa se desarrolla en el suelo (Coto y Saunder 2001).

Perforador del fruto (*Cerconota annonella*): El adulto es un lepidóptero nocturno. La hembra oviposita en diferentes partes de los frutos o en los peciolo depositando 50 huevos en promedio. La fase larval tiene una duración de 10 a 26 días. Cuando la larva nace comienza a comer la cascara del fruto hasta perforarlo, luego barrena la pulpa de la cual se alimenta. Empupa en un capullo de seda dentro del fruto cerca del borde de la cascara. Cuando el ataque se realiza en frutos pequeños estos se secan, se tornan negros, caen al suelo o permanecen momificados en el árbol. En frutos grandes y con pocas larvas se presentan pudriciones parciales y pueden llegar a madurar, conteniendo las larvas o pupas de donde saldrán los adultos (Coto y Saunder 2001).

Perforador de la semilla (*Bephrata maculicollis*): El adulto es un himenóptero (avispa). Las hembras introducen el ovipositor en la pulpa de frutos tiernos y ovipositan en las semillas, en una misma semilla pueden ser depositados varios huevos, pero solo una larva se desarrolla. Al eclosionar el huevo, la larva se alimenta del endospermo. La duración de la fase de larva varía entre 40 y 50 días. Las larvas empupan dentro de la cáscara de la semilla. El adulto emerge del fruto a través de un túnel que construye y que comunica al exterior, deja un hoyo circular en la cáscara como punto de salida. El ciclo de vida se completa en un periodo de 60-75 días. La presencia de túneles en el fruto facilita la entrada de patógenos que provocan su pudrición. En frutos tiernos los túneles endurecen la cáscara quedando una cicatriz permanente. Los daños iniciales son difíciles de detectar porque la larva se desarrolla dentro de las semillas. Los orificios que se aprecian en la parte externa del fruto son indicadores de que los adultos han emergido y quizás están iniciando un nuevo proceso de infección en otros frutos (Coto y Saunder 2001).

3.4.5.3. Enfermedades

Antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*): La antracnosis está entre las enfermedades más comunes y dañinas de anonáceas. La antracnosis puede llegar a disminuir el rendimiento en fruta de guanábana hasta en un 90 %, sin embargo, esto dependerá de las

condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad y del manejo agronómico de la finca. La mayor incidencia en la fruta y flor es durante el periodo lluvioso

Pudrición de fruto (*Lasiodiplodia theobromae*): Los síntomas iniciales en los frutos son lesiones pequeñas de entre 2-4 mm, que luego se agrandan, las lesiones pueden aparecer en cualquier parte del fruto, siendo más comunes en el ápice y pedúnculo. El hongo penetra a la pulpa donde provoca una pudrición de color negro que se expande a través de la parte interna del fruto. Esta pudrición es generalmente de consistencia blanda. Es común que este fenómeno también ocurra en frutos con antracnosis. Un síntoma asociado a *Lasiodiplodia*, en frutos en etapa de madurez fisiológica aún adheridos al árbol, es el desarrollo de manchas circulares en la epidermis del fruto (de aproximadamente un cm de diámetro) de color café claro, que se agrandan hasta cubrir grandes áreas del fruto, para luego podrirlo. Las pudriciones antes descritas son poco comunes en frutos que aún no han alcanzado su madurez fisiológica (Coto y Saunder 2001).

3.5 Biología floral

Escobar (1986) afirma que las flores de guanábana salen de las estructuras llamadas cojinetes florales, éstos son permanentes y tienen la capacidad de emitir varias flores. Las flores son regulares, hermafroditas, pediceladas, ubicadas en ramas cortas, axilares que emergen de zonas lignificadas. Posee tres sépalos libres, pequeños de color verde oliva, coriáceo, pubescente y persistente en la flor. La corola está conformada por seis pétalos en dos hileras tres exteriores grandes de forma acorazonada, coriáceos, de color amarillo verdoso y tres pétalos internos que tienen forma cóncava y son redondeados, ancho en el ápice y reducido en la base, del mismo color que los externos, pero más pequeños y delgados (Miranda *et al.* (2000).

3.5.1. Fases florales

Fase 1. (0-5 días). Aparición de la yema floral. Se observa como un punto rojo-oxido que corresponde a la bráctea germinal, formada por dos pequeñas bractéolas, en forma de cono, semitransparente y cubierta por un vello rojizo. Esta bráctea germinal se abre en dos para dejar salir la yema floral, que es de forma cónico-alargada. **Fase 2.** (5-10 días). La yema floral mantiene su forma cónica y crece longitudinalmente; su color es rojizo. En pocos días el ápice se ensancha o se abulta, tomando una forma globosa y se puede observar claramente la diferenciación de los sépalos. Mide de 3 a 5 mm. de largo. **Fase 3.** (10–20 días). La parte basal de la yema toma una forma redondeada debido al incremento del tamaño del androceo y gineceo. La yema se ahúsa en el ápice tomando una forma acorazonada, y se observa un pequeño pecíolo. Mide de 5 a 6 mm. de largo.

Fase 4. (20-30 días). La yema toma una forma acorazonada. Se observa la separación de los sépalos de color verdoso cubiertos de pelos rojizos, y los pétalos exteriores que crecen y están cubiertos de pelos blancos. Mide de 1.2 a 1.5 cm. de largo. **Fase 5.** (30-50 días). La yema crece hasta 2.0 cm. de largo observándose una separación pronunciada de los sépalos que ya no crecen. El pecíolo, puede tener hasta 1 cm. de largo. **Fase 6.** (50-60 días). La yema crece hasta 3.0 cm. Los sépalos forman la pequeña corola en la base de la flor, y los pétalos crecen, observándose la cicatriz que los une, la flor tiene un color verdoso oscuro.

Fase 7. (60-80 días). La yema alcanza su máximo tamaño. Los pétalos son completamente amarillos y están adheridos flojamente entre si y se separan si se les presiona en la punta. Mide de 3.5 a 4.5 cm. de largo. **Fase 8.** (80-100 días). La antesis empieza, los pétalos son completamente amarillos y los exteriores se separan por la punta, elevándose de 45 a 60 grados en relación al eje floral, dejando expuestos a los pétalos interiores que no se abren. (Esquivel 2008)

3.6 La polinización en el cultivo de guanábana

Se considera que el 70% de las flores de guanábana son auto-estériles, por lo que un alto porcentaje de la polinización es cruzada y depende de la actividad del coleóptero *Cyclocephala amazóna*. La condición de auto-esterilidad de las flores se atribuye a la dicogamia que consiste en una separación temporal en la maduración de los sexos dentro de la misma flor o de la misma planta. Hay dos formas de dicogamia: la protoginia, en la que la maduración del gineceo precede a la del androceo, y la protandria en la que, por el contrario, el androceo madura antes que el gineceo. La flor de guanábana presenta protógina dicogámica. La práctica de polinización artificial es indispensable para garantizar la productividad de una plantación de guanábana. Los polinizadores naturales en guanábana son escasos y la estructura floral es otro impedimento para que ocurra una buena polinización natural.

La cámara floral es casi hermética por lo que en condiciones naturales el insecto polinizador debe levantar los bordes de los pétalos para entrar y alimentarse de las paredes de los pétalos y del néctar, lo que requiere de la fuerza considerable de un insecto de tamaño adecuado, lo que impide la entrada a los insectos de menor tamaño que el *C. amazóna* (Gottesberger 1970). La cámara floral tiene entre 3 y 4 cm cúbicos, espacio suficiente para dos o tres adultos de *C. amazona*. Los nectarios están ubicados en un ángulo formado por los pétalos interiores y el gineceo cuya forma y tamaño coincide con la cabeza y dorso del *C. amazóna*. El néctar de la flor produce un licor aromático que atrae los adultos del *C. amazona*, este insecto al entrar a la flor presiona el gineceo con el dorso, donde se aloja el polen maduro mezclado con un gel pegajoso adquirido en flores que visitó anteriormente, con lo que se cumple la polinización cruzada.

El *C. amazona* no pueden polinizar la misma flor, ya que el gineceo madura primero que el androceo. Por lo que la polinización que ocurre es con polen de flores de otra planta que haya visitado antes. Se supone que fisiológicamente la dicogamia induce una sincronización entre las plantas, de manera que, el gineceo y el androceo de las flores de un

mismo árbol maduren en las mismas horas, y las de otro árbol maduren en horas diferentes. Lo que permite la polinización cruzada. Este mecanismo evita la autopolinización en la misma flor, en la misma planta, lo que representa evitar endogamia. También, es posible que existan mecanismos de auto-incompatibilidad bioquímica (Salas 1993). Diversos estudios indican que las poblaciones de *C. amazona* son mínimas, lo que resulta en una pobre polinización natural. Para contrarrestar este comportamiento fisiológico floral se recurre a la polinización manual, dando como resultado una mayor producción. (IIFT 2011).

Araque (1967), recomienda que para practicar la polinización manual, el polen debe recolectarse el día anterior a la polinización, en horas de la tarde, en flores que están en anthesis. Al coleccionar el polen debe guardarse en un recipiente de vidrio, para luego aplicarlo con la ayuda de un pincel fino o con el dedo sobre flores en las que exista receptividad estigmática, representada por la presencia de un gel incoloro sobre los estigmas. Para obtener frutos de buen tamaño y calidad, se recomienda practicar la polinización manual sobre flores que se encuentran en el centro del follaje y en ramas gruesas, desechando las que aparecen en el extremo y en ramas delgadas (Murillo 1989). Guzmán (1982) evaluó el método de polinización manual comprobando que la distribución irregular del polen sobre los estigmas es causa de malformación en el fruto.

3.7 Formación del fruto

El fruto como estructura es un ovario maduro y desarrollado y su formación va a depender del cuajamiento, que se considera el paso de ovario a frutillos, y del amarre que es propiamente la relación del fruto en su cojín floral respectivo. El periodo desde la formación del fruto hasta la madurez fisiológica oscila entre 120-135 días después de la polinización (Miranda *et al* 2000). La producción de frutos en árboles provenientes de semillas se inicia entre los tres y cinco años y en los árboles injertados, entre los veinte y veinticuatro meses.

La cosecha debe hacerse cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica cuyas características son: Cambio de color verde oscuro a un verde claro mate, ligera suavidad en el extremo distal del fruto, las espinas de la corteza del fruto se separan y se tornan más turgentes. Para garantizar una madurez uniforme del fruto, después de la cosecha, se recomienda colocarlo con la parte del pedúnculo hacia abajo. Si el fruto madura en el árbol es atacado por pájaros y además se desprende fácilmente. Por el contrario, se debe evitar cosechar el fruto antes del estado de madurez fisiológica porque madura irregularmente y la pulpa adquiere un sabor amargo (IIFT 2011).

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 Área de estudio

El ensayo se realizó en la finca San Miguelito, en una plantación de guanábana con tres años de edad. El área de la plantación es de 1.5 ha, con una densidad de 135 árboles por ha. La finca está localizada a 6 km de la ciudad de Catacamas, Olancho, a una altitud de 350 msnm. El clima se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 25.3 °C, humedad relativa de 74% y una precipitación pluvial promedio de 1152 mm anuales, distribuidos entre la época seca (febrero-abril) y la época lluviosa (mayo-enero)².

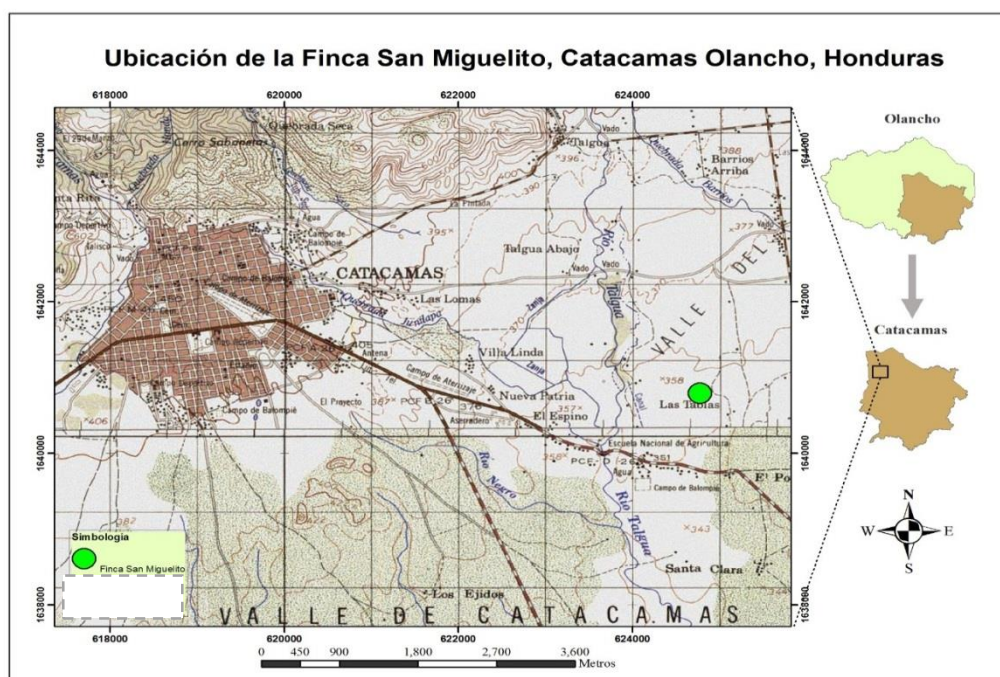


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

² Canaca, RL. 2013. Datos climatológicos del campus de la Universidad Nacional de Agricultura (UNA). Docente universitario. Catedrático curso agroclimatología-encargado de la estación meteorológica universitaria (Entrevista). Catacamas, Olancho.

4.2 Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, la parcela experimental midió 6.5 m por 24 m (156 m²) e incluyó cuatro árboles. El área útil experimental fue de 1872 m² con un total de 48 árboles de guanábana. El diseño incluye tres tipos de polinización que corresponden a los tres tratamientos experimentales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos experimentales.

T	Tipo de polinización	Descripción
T ₁	Natural	No se realizó ninguna manipulación. La polinización fue totalmente natural
T ₂	Manual + Natural	Polinización manual al momento de la fase fértil del gineceo, sin cubrir la flor, por lo que estuvo expuesto a la polinización natural antes y después de la polinización manual.
T ₃	Autopolinización	La flor fue cubierta con una bolsa de papel, antes de la apertura floral para evitar la polinización natural.

La frecuencia de polinización manual fue cada cinco días y en algunos casos con intervalo de tiempo mayor, debido a que la floración fue irregular durante el desarrollo del experimento. El polen se colectó manualmente en un frasco de vidrio limpio, directamente de las flores en estado de antesis en horas de la tarde (4:00 pm–6:00 pm), para polinizar por la mañana (6:00 am–10:00 am), y/o en horas de la mañana para polinizarlas en el transcurso del día. La polinización consistió simplemente en impregnarse la yema del dedo índice de polen y toda flor que presentaba receptividad se polinizaba.

4.3 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = repuesta del i -esimo tratamiento en j- esima repetición

μ = Media General

T_j = Efecto del j- esimo tratamiento

B_i = Efecto del i -esimo bloque

E_{ij} = Error experimental

4.4 Variables evaluadas

4.4.1 Tasa de fecundación

Del total de flores polinizadas se hizo un conteo para determinar la cantidad de flores que fueron fecundadas. Esta variable se midió 45 días después de la polinización, cuya característica principal es la formación de la coronita floral.

4.4.2 Aborto floral

Al determinar la cantidad de flores fecundadas (tasa de fecundación) el dato diferencial sobre el total de flores polinizadas correspondió a flores abortadas.

4.4.3 Formación de fruto

La tasa de fructificación corresponde a la cantidad de flores fecundadas que lograron formar frutos. Esta variable se evaluó 65 días después de la fecundación. En esta etapa inicial los frutos recién formados se denominan erizos, presentando un tamaño promedio de 2 a 3 cm (Anexo 1).

4.4.4 Frutos con buena formación

Esta variable se refiere a la forma desarrollada por los frutos después de la etapa de fructificación. Se utilizó el criterio bueno para la forma cónica simétrica del fruto, la variable se evaluó a los 130 días después de la fecundación (Anexo 2).

4.4.5 Frutos con mala formación.

Es el dato diferencial del total de frutos con buena formación. La condición de frutos mal formados corresponde a frutos con formas asimétricas y que presentan un aspecto débil, como resultado de una deficiente polinización (Anexo 3).

4.5 Análisis estadístico

Las cinco variables experimentales se analizaron con una ANAVA al 5% de significancia, y la prueba de medias de Duncan al 5% de probabilidad.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Tasa de fecundación

La tasa de fecundación presentó un 78% para el T₁, para el T₂ y T₃ los valores corresponden a 97% y 65%, respectivamente. El ANAVA encontró significancia entre los tratamientos (Anexo 4). La comparación de medias, mediante la prueba de Duncan, indica que el T₂ presentó el mayor valor (Cuadro 2). Se confirma que la polinización manual influye en la fisiología floral de la guanábana, contrarrestando el efecto de la protoginia. Este resultado confirma lo encontrado por Guzmán (1980, 1982) quien indica que la polinización manual incrementa cuantitativa y cualitativamente la producción en el cultivo de guanábana.

Cuadro 2. Diferencias de medias en flores fecundadas.

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	Natural	77.84	AB
2	Manual + natural	96.94	B
3	Autopolinización	65.47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Prueba de Duncan

5.2 Formación de fruto

La variable formación de fruto presentó un valor de 71% para el T₁, para T₂ y T₃ los valores corresponden a 93% y 57% respectivamente. El ANAVA presento alta significancia entre los tratamientos (Anexo 5). La comparación de medias, mediante la prueba de Duncan indican que el mayor valor lo presento el T₂ (polinización manual). La fructificación está directamente relacionado con la fecundación, por tanto si la polinización manual

incremento la tasa de fecundación de igual manera incremento la tasa de fructificación, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para frutos formados.

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	Natural	70.84	A-B
2	Manual + natural	93.26	B
3	Autopolinización	57.19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Prueba de Duncan

5.3 Aborto floral

Para la variable aborto floral se obtuvo un 3% para el T₁, 2% para el T₂ y para el T₃ un 3%. Estos datos corresponden al diferencial de la tasa de fecundación, por tanto si el T₂ resulto con la mayor tasa de fecundación le corresponde la menor tasa de aborto floral en relación al T₁ y T₃ (cuadro 4).

Cuadro 4. Diferencias de medias, transformadas, para el aborto floral.

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	Natural	2.97	AB
2	Manual + natural	1.74	B
3	Autopolinización	3.19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Prueba de Duncan.

5.4 Frutos con buena formación

Para la variable frutos con buena formación se obtuvo un valor de 3% para el T₁, para el T₂ y T₃ mostraron un 4% y 2% respectivamente. Mostrando el mejor resultado el T₂. El ANAVA realizado demostró una alta significancia entre los tratamientos (Anexo 6). Igualmente, la prueba de medias de Duncan indica un mejor resultado con significancia

para el T₂. El superior valor obtenido para el T₂, igual que para las demás variables productivas, está directamente determinado por la mayor polinización y fecundación obtenida con la polinización manual (Cuadro 5).

Cuadro 5. Diferencias de medias, transformadas, para frutos con buena formación.

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	Natural	3.07	AB
2	Manual + natural	4.41	B
3	Autopolinización	2.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Pruebas de Duncan

5.5 Frutos con mala formación

Para la variable frutos con mala formación se obtuvo un valor de 48% para el T₁, para el T₂ y T₃ los valores corresponden a 11 % y un 40% respectivamente. Los datos de los frutos con mala formación corresponden al diferencial de la tasa de frutos con buena formación. Estos resultados concuerdan con lo indicado por Nakasone y Paull (1997) quienes establecen que una deficiente polinización provoca que se desarrollen frutos pequeños y asimétricos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diferencias de medias para frutos con mala formación.

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	Natural	48.22	A
2	Manual + natural	11.09	B
3	Autopolinización	39.68	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) Pruebas de Duncan

Con los resultados obtenidos, para las cinco variables experimentales, se confirma el efecto significativo de la polinización manual (T₂) sobre la fructificación en el cultivo de guanábana. Asimismo, se demostró que la guanábana presenta autopolinización ya que se

registró un 65% de fecundación para este tratamiento. De esta manera, se comprueba que la guanábana además de requerir polinización cruzada, debido a la dicogamia, presenta autopolinización. Esta doble condición, de polinización cruzada y autopolinización, en la biología floral de la guanábana es discutida en diferentes investigaciones estableciéndose que existen dos tipos de guanábana: **Tipo 1:** Es afectada por la dicogamia y por tanto la fructificación depende de la polinización cruzada. **Tipo 2:** No es afectada por la dicogamia y por tanto presenta auto polinización (Elizondo 1990).

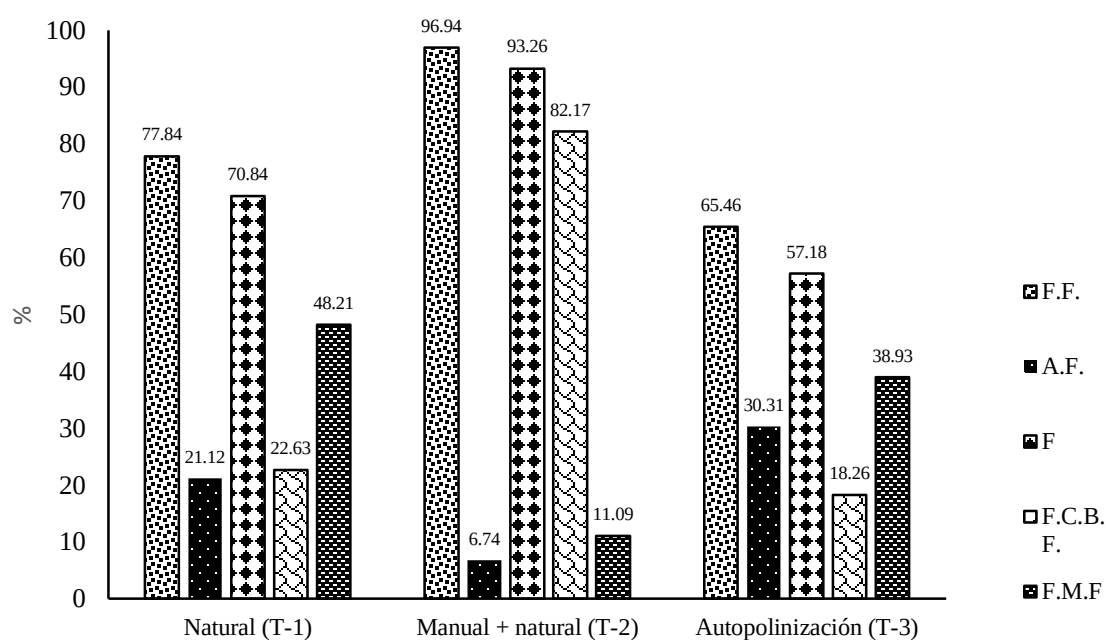


Figura 2. Resultados para las variables experimentales.

FF= Flores fecundadas. AF= Aborto floral. F= Fructificación. FCBF= Flores con buena formación. FMB= Flores con mala formación.

VI CONCLUSIONES

La polinización manual incrementó significativamente la fructificación de guanábana.

Se demostró la ocurrencia de autopolinización y polinización cruzada en la floración del cultivo de guanábana.

VII RECOMENDACIONES

En plantaciones de guanábana se debe incluir la polinización manual como una práctica agronómica básica.

Realizar investigaciones para determinar el efecto de la polinización manual sobre la producción de frutas comerciáveis, para lo cual se debe evaluar, además de las variables fisiológicas de floración y fecundación, el manejo agronómico del cultivo que determina la formación de un fruto hasta la fase de madurez fisiológica.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Benavides A, 2001-2002. Caracterización numérica de germoplasma de guanábana (*Annona muricata* L.) muestreado *in situ* en el Pacífico y Norte de Nicaragua. Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses. p.9.

Colombia s.f. poda y polinización del árbol de guanábana, cultivo de guanábana. (En línea) p.15 consultada el 5 de jul. Disponible (en línea): <http://www.encolombia.com/economia/Cultivos/Podaypolinizacionguanabana>.

Esquivel E. 2008. Observaciones sobre la floración y las fases del desarrollo de la flor de la guanábana (*Annona muricata* L.) *Annonaceae*. Agrociencia panamensis p 3. Consultado el 20 de agosto, disponible (en línea): <http://agrociencia-panama.blogspot.com/2008/11/observaciones-sobre-la-floracion-y-las.html>

Escobar W., Zarate R., Bastidas A. 1986. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Biología floral y polinización artificial del guanábano *Annona muricata* L. en condiciones del valle del cauca, Colombia. p.14

GUZMAN, F. 1981. Eficiencia de la polinización artificial en las flores de guanábana (*Annona muricata* L.). Trabajo de promoción docente a la 249 categoría asociado. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. 37 p.

GUZMAN, F. 1982. La guanábana: revisión bibliográfica. En: Fruticultura tropical; recopilación de las conferencias dictadas en el curso de fruticultura celebrado en el CIAT, Palmira. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá. Colombia. p.232-253

Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 1991. Guanábana. Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. p.6

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guanábana. p 24. 27

Méndez, 2003. Perfil de Mercado y Productivo de la Guanábana. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/ Guatemala. p.5. consultado el 23 de jun. Disponible (en línea): http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACY149.pdf

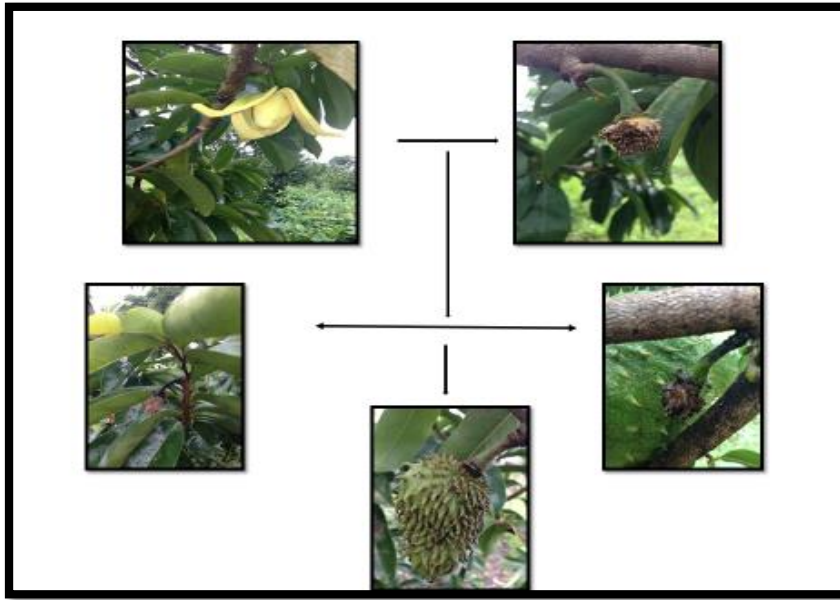
Miranda *et al* (2000-2002). Conozcamos el cultivo de la guanábana. CORPOICA Y PRONATTA. p 84. Consultado el 22 de junio, disponible (en línea): http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Conocimiento%20del%20cultivo%20de%20guanabana.pdf

Murillo R, 1990. Consideraciones agronómicas del guanábano (*annona muricata*, L) en Costa Rica.

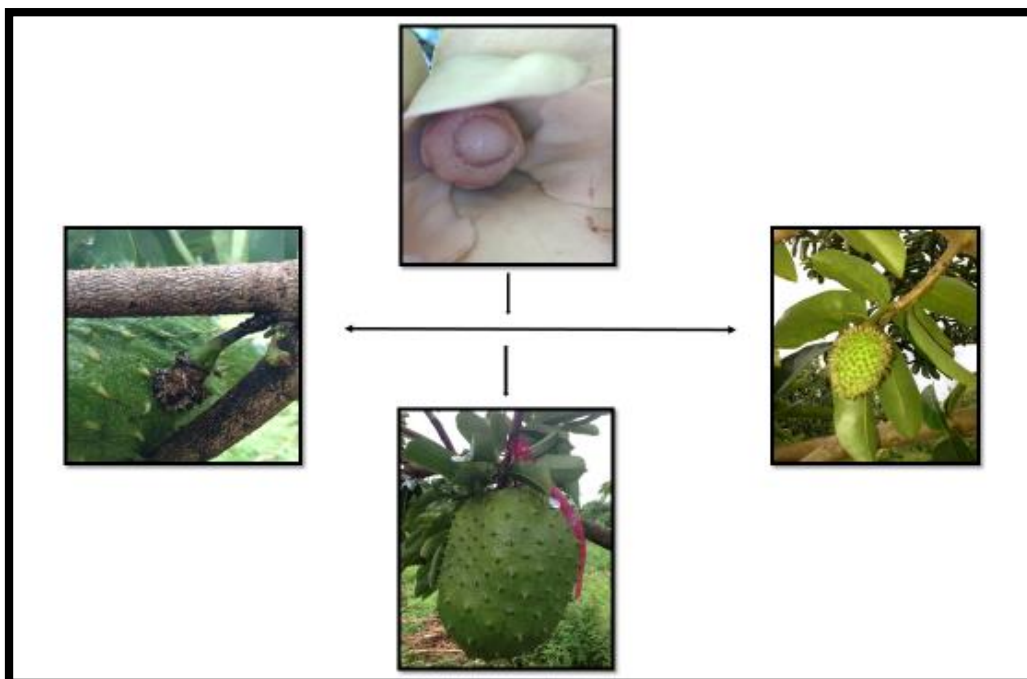
Ramírez T, 2012. El cultivo de guanábana, resumen de las principales prácticas agronómicas aplicadas en Colombia. FHIA. p.6.

ANEXOS

Anexo 1. Secuencia fotográfica de la polinización natural (T_1).



Anexo 2. Secuencia fotográfica de la polinización manual + natural (T_2).



Anexo 3. Secuencia fotográfica de la autopolinización (T₃).



Anexo 4. Análisis de varianza para flores fecundadas.

Fuente	GL	SC	MC	F	P valor
Bloque	3	318.04	106.01	0.55	0.6640
Tratamiento	2	8045.5	1005.56	5.26	0.0479 *
Error	6	26876.8	191.25		
Total	11	36195.4			

$R^2 = 0.67$ $CV = 17.27\%$

Anexo 5. Análisis de varianza para aborto floral.

Fuente	GL	SC.	MC	F	P
Bloque	3	2.08	0.67	1.25	0.3725
Tratamiento	2	4.92	2.46	4.55	0.0627 **
Error	6	3.24			
Total	11	10.1811			

$R^2 = 0.60$ $CV = 27.92\%$

Anexo 6. Análisis de varianza para fructificación.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Bloque	3	464.31	154.77	0.68	0.5964
Tratamiento	2	2653.58	1326.58	5.83	0.0394 *
Error					
Total					

$R^2=0.69$ $CV=20.47\%$

Anexo 7. Análisis de varianza transformados para frutos con buena formación.

Fuente	GL	SC.	MC	F	P
Bloque	3	0.17	0.06	0.09	0.9615
Tratamiento	2	7.12	3.56	5.74	0.0405 *
Error	6	3.72	0.62		
Total	11	11.01			

$R^2= 0.93$ $CV=23.92$