

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

VARIACIÓN FENOTÍPICA A PARTIR DE CRUZAS CONTROLADAS  
EN VARIEDAD CRIOLLA DE PAPAYA; LA BLANCA, SAN MARCOS  
TESIS DE GRADO

**FAUSTO SECUNDINO BARRIOS PÉREZ**  
CARNET 24346-07

COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2015  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

VARIACIÓN FENOTÍPICA A PARTIR DE CRUZAS CONTROLADAS  
EN VARIEDAD CRIOLLA DE PAPAYA; LA BLANCA, SAN MARCOS  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**FAUSTO SECUNDINO BARRIOS PÉREZ**

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

COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2015  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, 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**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

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

MGTR. MARTIN SALVADOR SANCHEZ CRUZ

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. HÉCTOR ALFREDO SAGASTUME MENA

MGTR. RAFAEL ANTONIO OROXOM SÁNCHEZ

LIC. RONALDO ALBERTO PÉREZ QUAN

Guatemala 31 de octubre de 2015.

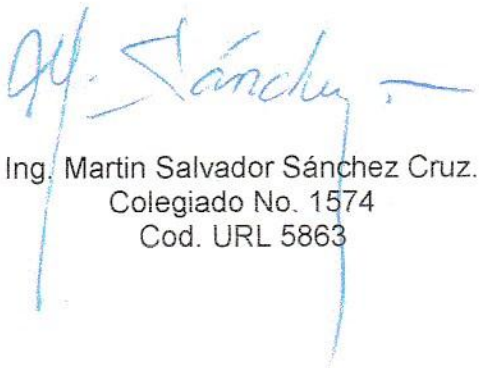
Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Fausto Secundino Barrios Pérez, carné 24346-07, titulada: "VARIACION FENOTIPICA A PARTIR DE CRUZAS CONTROLADAS EN VARIEDAD CRIOLLA DE PAPAYA; LA BLANCA SAN MARCOS".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Martin Salvador Sánchez Cruz.  
Colegiado No. 1574  
Cod. URL 5863



**Universidad  
Rafael Landívar**  
Tradición Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06374-2015**

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante FAUSTO SECUNDINO BARRIOS PÉREZ, Carnet 24346-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06114-2015 de fecha 13 de octubre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**VARIACIÓN FENOTÍPICA A PARTIR DE CRUZAS CONTROLADAS  
EN VARIEDAD CRIOLLA DE PAPAYA; LA BLANCA, SAN MARCOS**

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 octubre del año 2015.

**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios por regalarme la vida e inteligencia para poder superarme y sus maravillosas bendiciones durante toda mi trayectoria estudiantil.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por coadyuvar en mi formación profesional.

Ing. Martín Sánchez por brindarme su asesoría durante todo el proceso de la investigación.

Ing. Abel Solís por brindarme su ayuda profesional e incondicional durante el proceso de tesis.

## DEDICATORIA

A:

Dios: Fundador de la tierra. Por darme la vida, la inteligencia, la fortaleza y la honestidad en mi vida profesional, laboral y familiar.

Mi Madre: Por darme el origen, su amor, dedicación, sacrificio, paciencia, por su apoyo moral, económico e incondicional.

Mi Padre (QPD): Por darme vida, por haber inculcado en nuestra familia ese interés y compasión sobre la agricultura y la ganadería.

Mis Hermanos: Por su apoyo moral, económico e incondicional durante mi trayectoria estudiantil.

Mi familia: Tíos, primos por su apoyo moral.

Mis compañeros universitarios: Por esos momentos compartidos durante el salón de clases.

Clausuro de Catedráticos URL: Por haber impartido los cursos necesarios para mi formación profesional.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 La Papaya ( <i>Carica papaya</i> ) L.....	2
2.2 Expresión del sexo.....	3
2.3. Segregación Sexual.....	4
2.4. Características Morfológicas Florales.....	6
2.5. Polinización Natural y Artificial.....	8
2.6 Inicio de Floración.....	10
2.7 Tamaño del Fruto.....	11
2.8 Antecedentes.....	14
III. JUSTIFICACIÓN.....	17
3.1 Planteamiento del problema.....	17
3.2. Justificación de la investigación.....	18
IV. OBJETIVOS.....	19
4.1 General.....	19
4.2 Específicos.....	19
V. METODOLOGÍA.....	20
5.1. Localización.....	20
5.2 Clima.....	20
5.3 Suelos.....	21
5.4. Procedimiento.....	21
5.5 Variables de Respuesta.....	32
VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
6.1 Variables Cualitativas.....	35
6.2 Variables Cuantitativas.....	42
VII. CONCLUSIONES.....	50
VIII. RECOMENDACIONES.....	52
X. BIBLIOGRAFÍA.....	53
XI. ANEXOS.....	55



## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Conteo del sexo de la flor por tipo de craza realizado. ....	35
2. Tabla de contingencia utilizada en la prueba de chi cuadrado en la segregación sexual de cuatro cruas del cultivo de papaya.....	40
3. Color de la semilla de acuerdo al tipo de craza realizada.....	42
4. Días a floración de las cuatro cruas controladas utilizadas durante la investigación y prueba de Tukey al 5% realizada. ....	43
5. Análisis de varianza de la variable días a floración.....	43
6. Días a cosecha después de la floración en cuatro cruas controladas.....	44
7. Análisi de varianza de la vfarioable días a cosecha.....	44
8. Peso del fruto (kg) de la $F_1$ de las cuatro cruas y prueba de tukey al 5% .....	45
9. Análisis de carianza de la variable peso del fruto .....	49
10.Longitud de los frutos colectados de la $F_1$ de las cuatro cruas controladas ....	46
11. Análisis de varianza de la variable longitud del fruto .....	47
12. Análisis de varianza de la variable diámetro del fruto .....	48
13. Diámetro del fruto y prueba de tukey al 5% provenientes de plantas $F_1$ de cuatro cruas controladas.....	48
14. Coeficiente de correlación y modelos de regresión lineal .....	49
15. Factores que gobierna el sexo en papaya, por un aserie de alelos de un gen .	55
16. Porcentaje teórico de la descendencia en las cruas. ....	55
17. Expresión de sexo para una flor individual.....	56
18. Expresión del sexo para una planta individual.....	56
19. Expresión del sexo en grupos de plantas .....	57
20. Tabla de distribución de Chi Cuadrada .....	57
21. Valores observados, valores esperados y cálculo de la Chi Cuadrada de las cruas realizadas .....	58
22. Valor de Chi Cuadrado calculado, Chi cuadrado tabulado y significancia estadística, por cruas .....	58
23. Datos de longitud de fruto (cm) por craza.....	59
24. Datos de diámetro del fruto (cm) por craza.....	60
25. Datos de días a floración por craza.....	61
26. Datos de días a cosecha por craza.....	62
27. Datos del peso de fruto (kg) por craza .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Identificación de plantas. ....	22
2. Bolsa de papel para la cobertura de flores polinizadas. ....	22
3. Plantación progenitora de papaya. ....	23
4. Raleo de flores. ....	24
5. Inflorescencias encontradas en la investigación, izquierda hermafrodita, centro androica y derecha ginoica. ....	24
6. Emasculación de la flor. ....	25
7. Eliminación de pétalos de flor macho. ....	26
8. Polinización de la flor hermafrodita con flor macho ....	26
9. Embolsado e identificación de la flor polinizada. ....	27
10. Descubertura de la flor polinizada. ....	27
11. Identificación de frutos de acuerdo con el tipo de cruce. ....	28
12. Muestra representativa de semillas provenientes de cruces y autopolinizaciones de hermafroditas. ....	29
13. Colocación de semillas en cajas germinadoras y emergencia de las mismas. ....	30
14. Camas germinadoras con su respectiva identificación. ....	30
15. Trasplante de pilones y aplicación de nematocida. ....	31
16. Rotulado de las cruces. ....	31
17. Frutos alargados (izquierda), frutos redondos (centro) y frutos ovoides (derecha). ..	33
18. Cantidad de plantas machos, hembras y hermafroditas de la F <sub>1</sub> de la cruce de plantas masculinas por femeninas. ....	36
19. Cantidad de plantas machos, hembras y hermafroditas de la F <sub>1</sub> de la cruce de plantas hermafroditas por femeninas. ....	36
20. Cantidad de flores masculinas, femeninas y hermafroditas de la F <sub>1</sub> de la cruce de plantas masculina por hermafroditas. ....	37
21. Cantidad de flores masculinas, femeninas y hermafroditas de la F <sub>1</sub> de la cruce de plantas hermafroditas por hermafroditas. ....	38

# **EVALUACIÓN DE LA VARIACION FENOTIPICA A PARTIR DE CRUZAS CONTROLADAS, EN EL CULTIVO DE PAPAYA, VARIEDAD CRIOLLA, EN LA BLANCA, SAN MARCOS**

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar la variación fenotípica a través de diferentes tipos de cruzas en el cultivo de papaya a partir de cruzas controladas. Las cruzas realizadas fueron: machos con hembras, machos con hermafroditas, hermafroditas con hembras y hermafroditas con hermafroditas. La investigación se realizó en dos fases, en la primera se hizo la selección de los parentales seleccionando plantas ginoicas, androicas y hermafroditas. La flor hermafrodita se emasculó antes de la antesis. En la segunda fase se sembraron las semillas provenientes de cada crusa para medir las variables cualitativas como lo fue el color de la semilla, forma del fruto, segregación sexual y sexo de la flor y las variables cuantitativas como lo fue el peso del fruto, longitud del fruto, diámetro de fruto días a cosecha, días al inicio de floración, relación diámetro-largo del fruto, se obtuvo como resultado que la crusa hermafrodita x hermafrodita produce mayor cantidad de plantas con flores femeninas y hermafroditas (32 y 68%), además obtuvieron mayores pesos (4.43 kg) y mayor longitud (37.21 cm) con respecto a las otras cruzas, y se determinó con una prueba chi cuadrado que la segregación sexual sí está influenciada por el tipo de crusa de la parental, por lo tanto las cruzas hermafrodita x hermafrodita y femenina x hermafrodita producen descendencia deseada (inflorescencia pistiladas y hermafroditas).

# **EVALUATION OF THE PHENOTYPIC VARIATION FROM CONTROLLED CROSSING IN THE PRODUCTION OF CREOLE VARIETY PAPAYA, IN LA BLANCA, SAN MARCOS**

## **SUMMARY**

The objective of this research study was to characterize the phenotypic variation through different crossing types in the production of papaya, based on controlled crossings. The crossings that were carried out are the following: male with female, male with hermaphrodite, hermaphrodite with female, and hermaphrodite with hermaphrodite. The research included two phases; the first one consisted of selecting the parent plants, selecting gynoecious, androecious, and hermaphrodite plants. The hermaphrodite flower was emasculated prior to the anthesis. In the second phase, the seeds from each crossing were planted to measure the qualitative variables, like seed color, fruit form, sexual segregation, and flower sex. The quantitative variables were also measured, including fruit weight, fruit length, fruit diameter, days to harvest, days to flowering, and fruit diameter-length relation. As a result, it was determined that the hermaphrodite x hermaphrodite crossing produced the highest amount of female and hermaphrodite flowers (32 and 68%); additionally, higher weight (4.43 kg) and greater length (37.21 cm) were obtained compared with the other crossings, and it was determined through a chi-square test that the sexual segregation is influenced by the parental crossing type; therefore, the hermaphrodite x hermaphrodite and female x hermaphrodite crossings produce the desired breed (pistillate and hermaphrodite inflorescence).

## I. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es la especie del género *Carica* económicamente más importante de la familia Caricaceae. Esta planta es nativa de Centroamérica. Crece en condiciones cálidas con abundante lluvia o riego. Es una planta de elevado interés agrícola y comercial ya que se consume como fruta natural de gran valor nutritivo en vitamina "A" y "C", revistiendo importancia el látex rico en papaína, la cual se obtiene de frutos jóvenes y es usada como fermento para medicamentos, sazoadores de carnes y en la industria (Acosta, 2003).

Esta planta es una especie polígama que presenta tres tipos sexuales: plantas estaminadas o masculinas, pistiladas o femeninas y bisexuales o hermafroditas. Genéticamente, la expresión del sexo es controlada por un solo gen con tres alelos, los cuales exhiben efecto pleiotrópico (Giacometti, 1997).

Las características de heterossexualidad y poligamia de la papaya, reducen considerablemente la propagación de plantas productivas en plantaciones comerciales, todas las formas sexuales son indistinguibles en el estado vegetativo ya que no existen diferencias embriológicas ni morfológicas entre los tres tipos sexuales en etapas tempranas antes de la prefloración y este se reconoce sólo cuando se inicia la floración. Para el agricultor, la comercialización de los frutos está garantizada cuando estos proceden de flores pistiladas y hermafroditas (Giacometti, 1997).

Partiendo de esta problemática, se plantea la presente investigación con la finalidad de caracterizar la variación fenotípica de los frutos de papaya a partir de cruza controladas. Con las semillas que se obtuvieron, se procedió a sembrarlas para determinar el fenotipo de los frutos. En el caso del sexo de las flores se determinó si los resultados que se obtuvieron se ajustan a las frecuencias esperadas, para este análisis se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Chi Cuadrada.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. La Papaya

#### 2.1.1. Generalidades

La papaya fue descubierta por los españoles en Panamá. Su centro de origen es la zona tropical y subtropical de América y México (Acosta, 2003). El cultivo se encuentra expandido en Hawái, Brasil, África, India, Ceylán, Archipiélago Malayo y Australia (Acosta, 2003).

La papaya pertenece a la familia de las Caricáceas, género *Carica*. Esta familia posee cuatro géneros: *Carica*, *Coccina*, *Jacaratia* y *Cylicaonrfa*. Los tres primeros de América y el último en África. De estos géneros el de mayor importancia es el *Carica*, el cual posee 22 especies, la mayoría originarias de América Central y de la Costa Occidental de América del Sur, principalmente de los valles húmedos de la Cordillera Andina (Rodríguez, 1989).

Las especies silvestres más comunes son: *Carica cundinamarcensis* (clima frío); *Carica goudotiana* (clima templado); *Carica cauliflora* (clima cálido); *Carica pentagona* (clima frío). El fruto de estas especies se vende en el mercado con el nombre de "papayuelo" y son muy usados para dulces (Vásquez, 1999).

La papaya crece en condiciones cálidas con abundante lluvia o riego, en un rango de altitud desde el nivel del mar hasta 1600 msnm. Los frutos de la papaya tienen gran aceptación en los mercados nacionales e internacionales (Reyes, 2003).

Esta fruta es una especie polígama que presenta tres tipos sexuales: plantas estaminadas o masculinas, pistiladas o femeninas y bisexuales o hermafroditas (Malo y

Campbell, 1994). La mayoría de papayas poseen 18 cromosomas ( $n = 9$ ); pero existen unas con 36, lo que indica que hay variedades tetraploides ( $4n = 36$ ) (Olmos, 1995).

## 2.2. Expresión del Sexo

Genéticamente, la expresión del sexo es controlada por un solo gen con tres alelos, los cuales exhiben efecto pleiotrópico. El genotipo sexual fue designado como  $M2$  para plantas masculinas,  $M1$  para hermafroditas y  $m$  para femeninas. Todas las combinaciones de alelos dominantes, tales como  $M2M2$ ,  $M1M1$  y  $M1M2$  son letales, por lo tanto, los machos y hermafroditas son heterocigotos obligados. En consecuencia, los genotipos viables son  $M2m$  para plantas masculinas,  $M1m$  para hermafroditas y  $mm$  para femeninas (Storey, 1953).

Debido al estado polígamo de la papaya, el conocimiento del sexo de la misma es una herramienta para apoyar al agricultor, no sólo para la obtención de la semilla, sino también para el manejo del cultivo. En casos en que es necesario el uso de plantas macho, deben distribuirse, en relación con las hembras, adecuadamente para asegurar la polinización (Giacometti, 1997).

Hasta ahora, la determinación del sexo no es posible antes de que la planta alcance el estado de floración, que ocurre de cuatro a seis meses después de la siembra de la semilla, ya que no existen diferencias embriológicas ni morfológicas entre los tres tipos sexuales en etapas tempranas antes de la prefloración (Rojas, Ramos y Salazar, 1985). Por lo tanto, la diferenciación sexual se ha convertido en una limitante para el cultivador de papaya puesto que implica costos adicionales y dificultades en la planeación del cultivo, especialmente en plantaciones donde se requiere solamente plantas hermafroditas (Storey, 1953).

### 2.3. Segregación Sexual

La semilla utilizada para plantaciones comerciales segrega hembras y hermafroditas en una proporción de 1:1. Las plantas hembras producen frutas redondas, mientras que las hermafroditas producen frutas alargadas. Estas frutas alargadas son preferidas por los comercializadores debido a la mayor facilidad para el empaque. Es deseable y muy importante seleccionar plantas de sexo hermafrodita para obtener plantaciones de frutas alargadas en mayor proporción. Por lo tanto, la determinación del sexo de las plántulas antes de llevarlas a campo definitivo sería una ganancia considerable en tiempo, espacio y dinero para el productor. Una vez conocido el sexo, el agricultor determina con qué plantas obtendrá mayores rendimientos y podrá sembrarlas de acuerdo con las exigencias del mercado (Acosta y León, 2003).

Por otro lado, la naturaleza dioica, la reversión ocasional del sexo de las flores masculinas y hermafroditas, junto con la ausencia de un par heteromórfico de cromosomas sexuales hacen de las plantas de papaya un sistema interesante para estudiar la diferenciación sexual desde el punto de vista molecular (Sánchez y Medina, 2003). Estas técnicas permiten una identificación rápida y confiable, son cómodas y algunas no requieren del conocimiento previo sobre la secuencia que se amplifica.

Según Riollano (1984), los principales tipos de sexo, en las plantas de papaya producida por medio de semilla son las siguientes:

- Flores masculinas únicamente.
- Flores masculinas con algunas flores de ambos sexos.
- Algunas flores masculinas con muchas flores de ambos sexos.
- Algunas flores masculinas con muchas flores de ambos sexos y algunas femeninas.
- Flores de ambos sexos únicamente.
- Flores femeninas con algunas flores masculinas.
- Algunas flores de ambos sexos con muchas flores masculinas.



De acuerdo con Penella (1968), fácilmente se pueden encontrar en una misma planta las siguientes clases de flores:

- Solamente masculinas.
- Masculinas y hermafroditas.
- Algunas masculinas y algunas hermafroditas.
- Algunas masculinas, muchas hermafroditas y unas cuantas femeninas.
- Solamente hermafroditas.
- Hermafroditas y algunas femeninas.
- Algunas hermafroditas y muchas femeninas.
- Solamente femeninas.

Según Rossy (1990) en la planta de papaya se pueden encontrar varias combinaciones de sexo, plantas totalmente estaminíferas (machos), plantas totalmente pistiladas (hembras), plantas totalmente hermafroditas (los dos sexos en la flor). Combinaciones con más o menos flores de uno y otro sexo.

Cualquier plan de mejoramiento de las variedades de la papaya tiene que incluir el conocimiento de los distintos tipos de flores que en esta planta se presentan, los frutos que ellos pueden producir y las variaciones que ocurren en las mismas. En una misma planta pueden aparecer distintas combinaciones de ellas (Rossy, 1990).

En la actualidad se considera a la papaya como una planta dioica, monoica y polígama, esto es que puede tener flores de los dos sexos en un mismo pié, estar éstas en distintas plantas o tener flores hermafroditas y unisexuales en la misma planta, respectivamente (Rossy, 1990).

Con estas mezclas de sexo y flores no es extraño que la producción de un huerto comercial se vea adversamente afectado por la falta de uniformidad en la fruta y por la profusión de plantas machos o de tipos de flores estériles e improductivas. Cuando se

propaga semilla de esta clase se corre el riesgo de producir árboles que en más de un 50% serán machos o de tipo estéril en un huerto comercial (Rossey, 1990).

Las plantas que se conocen como machos y que producen flores en ramilletes y pedúnculos largos son, en realidad, hermafroditas en las cuales su pistilo se ha atrofiado tanto que se encuentra vestigial. Pero en ocasiones, por causas especiales, éste puede desarrollarse y dar algún fruto (Rossey, 1990).

## **2.4. Características Morfológicas Florales**

### **2.4.1. Flor Masculina**

Estas flores son sentadas y se encuentran en ramilletes pequeños sobre largos pedúnculos. La corola de la flores gamopétala y está formada por cinco pétalos que a la vez forman un largo tubo fino. En el cuello y al final del tubo hay 10 estambres colocados en una doble serie de cinco cada una. La flor tiene un pequeño pistilo rudimentario que se extiende hasta cerca de la mitad del tubo de la corola, el cual no tiene estigma, normalmente este tipo de flor no produce fruto, pero en algunas ocasiones se pueden encontrar frutos que en la mayoría de los casos son deformes, alargados y cuelgan de largos pedúnculos y sin valor comercial (Ramírez, 1995).

### **2.4.2. Flor Femenina**

Esta flor carece de estambres y posee un ovario completamente desarrollado y apto para la reproducción. El ovario es grande, redondo, ligeramente cilíndrico, con un ápice que termina en cinco estigmas, destinados a retener los granos de polen y dispuestos en forma de abanico. Las flores tienen el cáliz corto, de cinco dientes, los pétalos blancos son completamente libres. Las flores femeninas se caracterizan por tener racimos muy cortos de cinco o menos flores pistiladas, de las cuales sólo una, por lo común, se desarrolla en fruto. Es un tipo estable determinado por factores recesivos

que no es afectado en su expresión sexual por las condiciones ambientales; son clasificadas como tipo I por León (1988).

Los frutos son esféricos u ovoides con cinco cicatrices en la base, correspondiente a los pétalos, en corte transversal aparecen de forma circular o ligeramente pentagonal. Este tipo de plantas que anormalmente producen estambres no funcionales, dependen del polen de otras plantas para su fertilización (León, 1988).

### **2.4.3. Plantas Andromonóicas o Hermafroditas**

Se caracterizan por tener los pedúnculos de las inflorescencias medianos de 6 a 12 cm de largo, con menos de 15 flores, la mayoría de ellas bisexuales, que pertenecen a varios tipos llamados I, II, III y IV (León, 1988).

El tipo II llamado "pentandria" tienen la corola compuesta de cinco pétalos unidos en la base. Tiene cinco estambres con largos filamentos adheridos a la base de la corola que alternan con los pétalos, los estambres descansan sobre los surcos entre los lóbulos del ovario, el ovario elipsoidal, pero con los cinco surcos formados por los estambres bien marcados, los estigmas menos desarrollados que en las flores pistiladas. Los frutos son esféricos u ovoides a menudo de forma irregular con cinco surcos bien marcados (León, 1988).

El tipo III llamado "carpeloidia", presenta un total de 10 estambres paralelos y está caracterizado por la carpelización de algunos estambres que deforman el ovario. Esos estambres están dispuestos en forma irregular al final del tubo de la corola y algunas veces crecen adheridos al pistilo. El pistilo es irregular con 5 a 10 carpelos. El fruto es de forma generalmente ovoide, pero con frecuencia deforme por la presencia de surcos irregulares, que resultan del desarrollo de estambres carpeloides, unidos al ovario. La fruta no tiene valor comercial (León, 1988).

Tipo IV "Elongata", en este caso la corola está formada por cinco pétalos unidos más o menos a una tercera parte de su longitud. Tiene dos estambres colocados en dos series de cinco cada una, adheridos al tubo de la corola. El ovario es de forma cilíndrica alargada al igual que la fruta (León, 1988).

El tipo IV es una variación del anterior, hay 10 estambres, porque el pistilo está reducido a un ovario rudimentario. Es una forma estacional de verano que al presentarse en plantas que tienen flores del tipo IV, determina en ella zonas del tronco que no producen frutos (León, 1988).

Las flores unisexuales de la papaya han derivado de un prototipo perfecto ancestral, por dos caminos; uno que llevaría a la formación de la flor estaminada en el sentido clásico, por pérdida filogenética del pistilo dejando solamente una emergencia pistiloide vestigial del eje floral. La flor pistiloide vendría de la transmutación de todos los estambres en carpelos, acompañada por pérdida filogenética de todas las estructuras que están sobre el verticilo externo (inferior) de cinco estambres, exceptuando el sistema ventral carpelar del verticilo superior de carpelos, por consiguiente, el pistilo de la flor femenina es una congruencia morfológica (León, 1988).

## **2.5. Polinización Natural y Artificial**

Por ser las variedades de la papaya plantas dioicas su polinización natural es cruzada y presenta un alto grado de alogamia. La polinización natural ocurre por medio de los insectos y, especialmente, por el viento. Los machos producen abundante polen y florecen en todo su período de vida presentando una precocidad superior a las plantas hermafroditas y hembras, ya que la aparición de los primordios florales puede ser a los tres meses de plantada, mientras que en los otros sexos aparece posteriormente (4 a 6 meses) (León, 1988).

En las flores hermafroditas es posible que se presente la autofecundación, ya que el pistilo es receptivo antes de su apertura y el polen también es viable en esta etapa de la flor (Reyes, 2003).

Para realizar la polinización artificial existen varios métodos, pero, en síntesis, consiste en llevar el polen de una flor (hermafrodita o macho) que esté próxima a abrir o que esté recién abierta, al estigma de una flor hembra que tenga más de  $\frac{3}{4}$  o todo su color blanco (también próxima a abrir), ya que la flor al desarrollarse va cambiando su color de verde a blanco. El polen se puede llevar colocando directamente las anteras en el estigma o sacudiendo las anteras en un vidrio de reloj y luego con un pincel de cerdas suaves se debe frotar sobre el estigma. También se puede disolver el polen en una solución de estigma como se recomienda en el trabajo realizado por Reyes (2003) y luego con un pincel se frota la solución sobre el estigma de la flor a polinizar. La flor que se usa como hembra se le separa los pétalos, con sólo darle una torsión de izquierda a derecha (lo contrario al enrollamiento que presenta la corola). Después de polinizada se vuelven a enrollar los pétalos, para proteger el estigma de polen extraño y se debe glaciarse, con el fin de evitar la entrada de insectos y colocarle una etiqueta que indique la fecha de la polinización, identificación de los padres, tipo de cruce (hembra por hermafrodita, hermafrodita por hermafrodita, macho por hembra, macho por hermafrodita o autofecundación de una hermafrodita) (Reyes, 2003).

En el caso del cruce de hermafrodita por macho, la hermafrodita por hermafrodita, la planta madre debe ser emasculada, antes de que tenga  $\frac{3}{4}$  de su color blanco y así evitar que pueda producirse polen viable que contamine el cruce (Reyes, 2003).

Reyes (2003), encontró que las horas de la mañana son las más apropiadas para realizar esta polinización, ya que el cultivo *in vitro* de granos de polen recogidos en esta hora presentan el mayor porcentaje de germinación y las flores polinizadas también el mayor número de frutos cuajados y el mayor número de semillas por fruto.

## **2.6. Inicio de la Floración**

Una variedad precoz debe iniciar floración 3 a 4 meses después de la siembra y la cosecha a los ocho meses. Las plantas precoces deben ser de porte bajo, o sea, iniciar fructificación por debajo de los primeros 50 cm del suelo. Esta producción debe estar uniformemente distribuida desde los 50 cm del suelo y que a los 18 meses hayan producido más de 60 frutos (Reyes, 2003).

### **2.6.1. Esterilidad Femenina**

Las plantas hermafroditas, tienden a producir flores desde totalmente fértiles, semejantes a las hembras, hasta completamente con esterilidad femenina, caso de los machos. La esterilidad femenina es una modificación en la expresión del sexo en papaya, que pasa de femenina fértil a estéril, volviendo luego a la fertilidad. Se manifiesta por la dominancia de flores del tipo IV en plantas hermafroditas y por tal, la presencia de espacios vacíos en el tronco, estos son espacios sin frutos, dejados por las flores hermafroditas infértiles. Se debe este fenómeno a causas ambientales, tales como cambios de temperatura, sequías prolongadas y la duración del día (Taffur, 1991).

### **2.6.2. Carpeloidía de Estambres**

Este fenómeno se presenta preferencialmente en plantas con flores hermafroditas, en las cuales, se soldan los estambres al ovario, produciendo frutos deformes (Taffur, 1991).

Esta característica se puede observar muy esporádicamente en hembras, pero puede ser debido a efecto de los rudimentos de estambres que pudo haber en el momento de la diferenciación para formarse el ovario. El factor determinante de la carpeloidia de los estambres es dominante y las hembras pueden portarlo (Taffur, 1991).

## **2.7 Características del Fruto**

El tamaño del fruto está determinado por la variedad e influenciado por la edad del árbol (los primeros frutos tienden a ser más grandes), la fertilización y el número de frutos producidos. Se ha observado que el tamaño de los frutos de los híbridos es el de la media aritmética de los padres (Taffur, 1991).

### **2.7.1. Características Internas y Externas del Fruto**

Las principales formas de fruto que presenta la papaya son: globular, oblonga y periforme. La forma está influenciada por el tipo de flor. Las flores hembras dan frutos redondeados y las hermafroditas alargados (Taffur, 1991).

La superficie de una buena variedad debe ser lisa, sin lomos ni surcos, ya que aumentan la posibilidad de daños durante el transporte (Taffur, 1991).

En cuanto a la pulpa, ésta debe ser gruesa, presentando el fruto una cavidad interna menor que la mitad del diámetro extremo, además, la sección transversal de la cavidad debe ser circular para facilitar la remoción de las semillas (Taffur, 1991).

El color de la pulpa debe ser vivo, preferir los colores desde amarillo rojizo a anaranjado o rojo. El color de la pulpa está gobernado por un par de alelos  $R$  (amarillo) y  $r$  (rojo). El rojo es recesivo a amarillo (Taffur, 1991).

### **2.7.2 Descriptores para el género *Carica***

De acuerdo con Reyes (2003), los descriptores vegetativos son:

A. Datos vegetativos.

- Color del tallo al trasplante.

- Verde oscuro.
- Verde claro.
- Altura de planta a la floración (m).
- Tipo de planta según las flores que posea.
- Presencia de ramas (naturalmente).
  - Presentes.
  - Ausentes.
- Flores.
- Días al inicio de la floración.
- Color de la flor.
  - Blanco.
  - Blanco-amarillento.
  - Amarilla.
- Color de las anteras.
  - Amarillas.
  - Amarillo-naranja.
- Fruto.
- Días a cosecha, con base en la pérdida de color verde en el ápice.
- Forma del fruto.
  - Redondo.
  - Semi redondo.
  - Oblongo.
  - Alargado.
- Color del epicarpio del fruto maduro.
  - Amarillo.
  - Amarillo-naranja.
  - Anaranjado.
- Ancho del fruto (cm) se tomará de la parte media.
- Largo del fruto (cm) del pedúnculo hasta el extremo distal del fruto.
- Relación largo-ancho del fruto.



- Peso del fruto maduro (g).
- Color del mesocarpio (pulpa) del fruto maduro.
  - Amarillo.
  - Amarillo-naranja.
  - Anaranjado.
- Número de frutos por planta.
- Sabor del mesocarpio del fruto maduro.
  - Grados brix.
- Forma de la semilla.
  - Semi redonda.
  - Alargada.
  - Ovoide.
- Textura de la semilla.
  - Lisa.
  - Semi lisa.
  - Rugosa.
- Color de la semilla.
  - Café claro.
  - Café oscuro.
  - Negra.
- Brillo de la semilla.
  - Opaco.
  - Intermedio.
  - Brillante.
- Facilidad de separar la semilla de la placenta.
  - Difícil.
  - Intermedio.
  - Fácil.

## 2.8. Antecedentes

Según Giacometti (1997) el primer trabajo de la herencia del sexo en la papaya fue hecho por Hofmeyr en 1938 en Sur África; Storey en Hawái llegó a las mismas conclusiones que Hofmeyr; los dos autores están de acuerdo con respecto a la determinación del sexo en papaya en términos mendelianos simples.

Según Rodríguez (1989), la papaya es una especie trioica que produce plantas básicamente de tres sexos: femenino (sólo flores femeninas), masculino (flores predominantemente masculinas) y hermafrodita teniendo los frutos distintas formas según el tipo de flor. Las flores femeninas en condiciones normales necesitan el polen de las masculinas o hermafroditas para producir fruta aunque en muchas ocasiones en los subtrópicos pueden desarrollarse partenocárpicamente. Las frutas más comerciales son las hermafroditas. Es deseable por ello disponer en la plantación de plantas hermafroditas únicamente o mayor porcentaje de hermafroditas que de femeninas, con lo cual tendremos por un lado una adecuada polinización de las flores femeninas y por otro frutos hermafroditas que son los de mayor demanda en los mercados.

Investigaciones han demostrado que el sexo de la papaya está gobernado genéticamente pero a pesar de ello se ha reportado que el desarrollo floral está sujeto a modificaciones por factores ambientales, siendo la temperatura, la luz y la humedad, los más influyentes (Velasquez,1987).

Según Rodríguez (1989), los estudios sobre la biología reproductiva de la papaya son escasos y están centrados en Hawái, la India y Sudáfrica.

Paréset *al* (2001) evaluando el comportamiento reproductivo de la papaya, cultivar Cartagena amarilla en Venezuela, encontró que la forma sexual andrónica fue más precoz en iniciar la floración, tardando 54 días después de la siembra en campo,

mientras que las formas sexuales andromonoica y ginoica iniciaron su floración a los 59 y 61 días, respectivamente.

El tiempo transcurrido desde la emergencia del botón floral hasta la antesis de la flor, bajo las condiciones de Hawái, fue de aproximadamente 45 días en flores masculinas y 47 días en las femeninas, mientras que los tipos florales hermafroditas demoraron 49 días. Por otro lado, se indica un período de 10 semanas desde la emergencia del botón floral hasta la antesis en el cultivar “Sunrise Solo” bajo las condiciones de Sudáfrica. Posiblemente estas diferencias también sean debidas a las condiciones climáticas (Vásquez, 1999).

En 1963, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en colaboración con la Food and Agriculture Organization (FAO), inició un programa de mejoramiento genético en papaya. El programa se inició con la colección de especies de *Carica* y de variedades y tipos de papaya; las especies colectadas, a excepción de la monoica, fueron recogidas en territorio colombiano. Inicialmente se buscó fijar las variedades y tipos mediante polinizaciones controladas. En las especies, mediante cruzamientos controlados, se buscó resistencia a enfermedades virales. En las variedades hermafroditas, mediante autofecundaciones, se buscó obtener baja o ninguna carpeloidía, baja o ninguna esterilidad femenina y fruto largo. Mediante polinizaciones controladas en variedades dioicas y cruzamientos entre hermafroditas y dioicas, se buscó bajo porte, precocidad de fructificación y excelente calidad de fruto (Vásquez, 1999).

Según Olmos y Taboada (1975), el tamaño del fruto está determinado por la variedad e influenciado por la edad del árbol (los primeros frutos tienden a ser más grandes), la fertilización y el número de frutos producidos. Se ha observado que el tamaño de los frutos de los híbridos es el de la media aritmética de los padres, hay preferencia por plantas de papaya hermafroditas con formato periforme o alargado, lo que está asociado a una menor cavidad ovárica y un mayor espesor de la pulpa. Esta característica le confiere mayor valor comercial a este tipo de frutos en el mercado. Los grandes mercados consumidores prefieren los frutos de formatos elongados y

cilíndricos, algunos más estrictos tienen mayor preferencia por los frutos de forma ovalada o redonda.

Hofmey's (1976), en África del Sur, aclaró la constitución genética del papayo. Para ello clasificó los factores que gobiernan al sexo por tres alelos de un gen que operan de acuerdo con un solo factor. Observándose que al cruzar una flor estaminada por una pistilada se obtuvo una descendencia del 50% de plantas androicas y el 50% de plantas ginoicas. Al cruzar una flor hermafrodita por una pistilada se obtuvo un 50% de plantas hermafroditas y un 50% de plantas ginoicas. Al cruzar una flor estaminada por una flor hermafrodita el porcentaje en la descendencia fue de partes iguales para los tres tipos genéticos sexuales. Por último, al cruzar flores hermafroditas se obtuvo una descendencia de  $\frac{2}{3}$  de plantas hermafroditas y  $\frac{1}{3}$  de plantas ginoicas.

### III. JUSTIFICACIÓN

#### 3.1. Planteamiento del Problema

El productor de papaya se encuentra con muchos problemas en el campo, estos son producidos por enfermedades y plagas, factores bióticos, que son manejables y que se presentan en ciertas épocas del año y en cierta etapa fenológica del cultivo. La severidad de estas dependen del control que se tenga de ellas. Sin embargo, no sólo estas son las limitantes para el éxito en la explotación, ya que para el pequeño agricultor Guatemalteco que basa su producción en tipos criollos y que se ha dedicado a la siembra de sus plantaciones utilizando semillas de frutos adquiridos en su región, de los cuales no tiene antecedentes de su procedencia, se ha encontrado que luego de iniciada la etapa de floración, la expresión sexual de la planta presenta un alto porcentaje de flores androicas o plantas que producen frutos con características indeseables para su comercialización, todas las formas sexuales son indistinguibles en el estado vegetativo ya que no existen diferencias embriológicas ni morfológicas entre los tres tipos sexuales en etapas tempranas antes de la prefloración y este se reconoce sólo cuando se inicia la floración. Para el agricultor, la comercialización de los frutos está garantizada cuando estos proceden de flores pistiladas y hermafroditas, lo cual se da 4 a 6 meses después de plantadas, por lo que la práctica actual consiste en sembrar 3 ó 4 plantas por postura para jugar con la probabilidad de que al menos una de las cuatro semillas sembradas, una presente característica agronómica deseable para la comercialización. Durante este período la mayoría de costos se incrementan ya que hay que dar mantenimiento a 2 ó 3 plantas que luego de iniciada la producción de flores se eliminan para seguir evitando la competencia por agua, luz y nutrientes.

### 3.2. JUSTIFICACIÓN

La papaya es una especie polígama que presenta tres tipos sexuales: plantas estaminadas o masculinas, pistiladas o femeninas y bisexuales o hermafroditas. Genéticamente, la expresión del sexo es controlada por un solo gen con tres alelos, los cuales exhiben efecto pleiotrópico (Giacometti, 1997).

Las semillas que se utilizan para el establecimiento de plantaciones, debido al estado polígamo de la papaya, segregan en un alto porcentaje de plantas androicas o plantas que producen frutos con características indeseables para su comercialización, por lo que la presente investigación pretendió que a partir del conocimiento de la biología floral, la morfología del fruto y la genética, se puede obtener información que sirva como una herramienta para apoyar al agricultor, no sólo para la obtención de la semilla, sino también para el manejo del cultivo.

Ante esta problemática, frecuente en pequeñas plantaciones, se planteó la presente investigación con la finalidad de caracterizar la variación fenotípica de los frutos obtenidos a partir de cruza y autopolinizaciones controladas, determinando de esta forma, cuál de las cruza nos permita segregar un alto porcentaje de plantas que produzcan frutos deseables para la comercialización, siendo los más preferibles los frutos de forma ovoide-alargados.

Para la evaluación de los resultados que se obtuvieron se utilizó el test de independencia de Chi Cuadrada, para aceptar o rechazar la hipótesis de que el fenotipo de los frutos y el sexo de las flores están influenciados por tres alelos de un gen.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

- Generar, mediante cruzas controladas, plantas de papaya de sexo adecuado para producir frutos del tipo más demandado por el mercado para su comercialización por pequeños productores en el municipio de La Blanca, departamento de San Marcos.

### **4.2. Específicos**

- Determinación del sexo de plantas de papaya a partir de cruzas y autopolinizaciones controladas.
- Determinar si la segregación sexual se ajusta a las frecuencias genéticas que corresponden a la distribución poblacional de la herencia mendeliana.
- Caracterización de la variación fenotípica de frutos de papaya a partir de cruzas y autopolinizaciones controladas.
- Comprobar si las características cuantitativas diámetro y longitud del fruto están relacionadas entre sí.

## V. METODOLOGÍA

### 5.1. Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de La Blanca, San Marcos, el cual se encuentra limitado por el río El Naranjo al oeste y el Zanjón Pacayá al este, al norte colinda con la finca “Manchuria” y al sur con el caserío Almendrales (Argueta, 1990). Se localiza geográficamente en las coordenadas 14° 32' 07.4” latitud norte y 92° 09' 03.7” longitud oeste, respecto al Meridiano de Greenwich, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar (Argueta, 1990).

### 5.2. Clima

El clima del área es cálido, sin estación fría bien definida. La temperatura promedio anual es de 28°C, con máximas promedio de 36°C y mínimas promedio de 20°C. La precipitación media anual es de 1,304 mm, con dos estaciones bien definidas, la época de lluvia va de mayo a noviembre y la época seca de diciembre a abril, siendo la humedad relativa promedio anual de 74% (Argueta, 1990).

De la Cruz (1982), basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, ubica al municipio de La Blanca dentro de la zona de vida correspondiente a un bosque húmedo subtropical cálido *bh-S(c)*. Se reporta una evapotranspiración potencial para la época seca (noviembre-abril) de 764 mm (Argueta, 1990).

Debido a la escasa pendiente y como consecuencia de la temporada lluviosa, los ríos Ocosito, Pacayá y Naranjo se desbordan, provocando inundaciones que afectan no sólo a la población sino a la producción de cultivos (Argueta, 1990).

### 5.3. Suelos

Según Simmons *et al.* (1959) los suelos del municipio de La Blanca están desarrollados sobre aluviones cuaternarios. Pertenecen a la división fisiográfica



de suelos del litoral del Pacífico y en su mayor parte a la serie Tiquisate. Ocupan relieves casi planos, con un declive de 1 %. Son suelos profundos con textura mediana (francos, franco limoso y franco arenosos), la estructura más generalizada es la de bloques sub angulares medianos de débil a moderadamente desarrollados, con una consistencia de suave a friable. El color de estos suelos es gris a pardo y en condiciones húmedas pardo grisáceo a pardo oscuro.

La erosión es de ligera a moderada (pendiente 1%). Los suelos tienen un alto contenido de materia orgánica, la reacción varía de ligeramente ácida a ligeramente alcalina (pH 6.4 a 7.4) (Argueta, 1990).

## **5.4. Metodología**

### **5.4.1 Fase I**

#### **A. Preparación del Material**

El material utilizado en el cruzamiento de las flores fueron: pinzas, ligas, etiquetas de identificación, cintas de nylon de diferente color y bolsas de papel.

##### **a. Etiquetas**

Estas se hicieron en computadora con la información necesaria para poder identificar el tipo de cruce realizado, luego fueron recubiertas con bolsas de nylon para prolongar su vida útil. La información que llevaron fue la fecha de cruce y el tipo de parentales (ver figura 1), además, cada etiqueta fue elaborada con un color de letra diferente de la siguiente manera:

Verde para autopolinizaciones hermafroditas (*M1m X M1m*).

Rojo para el cruce de machos con hembras (*M2m X mm*).

Azul para el cruce de machos con hermafroditas ( $M2m \times M1m$ ).

Amarillo para el cruce de hermafroditas con hembras ( $M1m \times mm$ ).

#### b. Bolsas de Papel

Se utilizó papel de envolver, con las dimensiones de 10 cm de ancho por 15 cm de largo. El papel utilizado facilitó la transpiración de la flor y de esta manera evita la muerte de la misma (ver figura 2).



**Figura 1. Identificación de plantas.**



**Figura 2. Bolsa de papel para la cobertura de flores polinizadas.**

## **B. Selección de Plantas**

La selección de los parentales fue en una plantación de 2,646 m<sup>2</sup> (ver figura 3), en donde se seleccionaron plantas ginoicas (hembras), androicas (machos) y hermafroditas, según la clasificación de Galun, citada por Vásquez (1999), conforme el examen de las flores que presentaron las plantas. La selección se realizó en la fase de floración que es la fase donde se puede determinar la expresión del sexo. Se tomaron cuatro plantas por cada tipo de sexo.



**Figura 3. Plantación progenitora de papaya.**

## **C. Realización de Cruzas**

Luego de identificar plenamente las plantas de papaya, con base en la expresión del sexo, se procedió a realizar una poda de raleo floral en flores femeninas y hermafroditas, que no es más que la eliminación de las flores aledañas a la flor objetivo a cruzar, de manera que sólo nos quedara la flor a polinizar en la axila superior de la hoja (ver figura 4).



**Figura 4. Raleo de flores.**

Luego se aislaron físicamente los diferentes tipos de flores (masculinas, femeninas y hermafroditas, ver figura5) y se cubrieron con bolsas de papel, no tomando en cuenta las primeras flores producidas por la planta, debido a que los frutos que se obtienen de estas, pueden presentar problemas fisiológicos (algunas veces sin semillas), por lo que las flores fueron tomadas en medio del área de floración.



**Figura 5. Inflorescencias encontradas en la investigación (izquierda hermafrodita, centro androica y derecha ginoica).**

Las flores se cubrieron antes de la antesis, para evitar con ello la contaminación de granos de polen extraño por los insectos o el viento. El momento oportuno para realizar la cobertura fue cuando la flor poseía  $\frac{3}{4}$  de su color amarillo.

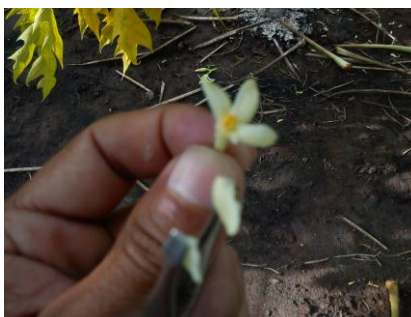
La flor hermafrodita se emasculó antes de la antesis para evitar una autopolinización. La emasculación no es más que la eliminación del órgano reproductor masculino. El procedimiento se realizó mediante la utilización de una pinza, procurando sólo extraer las anteras que contienen el polen de la flor hermafrodita sin dañar el pistilo de la misma y de esta manera lograr la viabilidad de la flor, debido a que si no se realiza cuidadosamente se puede dañar las paredes del pistilo y ocasionar la muerte de la misma (ver figura 6).



**Figura 6. Emasculación de la flor.**

Se aprovecharon las flores hermafroditas en autopolinización y para obtener polen para realizar las cruzas que necesitaron este tipo de polen. Luego de aisladas las flores se procedió a realizar las cruzas y autopolinizaciones en hermafroditas. Las cruzas realizadas fueron: machos con hembras, machos con hermafroditas, hermafroditas con hembras y hermafroditas con hermafroditas (ver cuadro 1 y 2).

**Cruza machos con hembras ( $M2m \times mm$ ):** en este tipo de crusa se procedió a coleccionar polen de flores androicas para polinizar la flor ginoica. A la flor masculina se le eliminaron los pétalos a manera de obtener expuestas sólo las anteras de polen como formando una brochita (ver figura 7).



**Figura 7. Eliminación de pétalos de la flor macho.**

**Cruza machos con hermafroditas ( $M2m \times M1m$ ):** se procedió de la misma manera anterior, previamente emasculada la flor hermafrodita (ver figura 8).



**Figura 8. Polinización de la flor hermafrodita con flor macho.**

**Cruza de hermafroditas con hembras ( $M1m \times mm$ ):** se obtuvo polen de hermafroditas. De la misma manera se eliminaron los pétalos de la flor hermafrodita para tener expuestas las anteras de polen maduro y se le aplicó mediante roce suavemente con el pistilo de la flor hembra.

**Cruza de hermafroditas con hermafroditas y hermafroditas en autopolinización ( $M1m \times M1m$ ):** esta cruce requiere emasculación previa de la flor receptora de polen y se polinizó de la misma manera que la anterior. En el caso de hermafroditas en autopolinización solamente se cubrió la flor con la bolsa de papel

para que ocurriera la autopolinización ya que el polen al madurar cae por efecto de gravedad hacia el pistilo de la misma.

Cada flor polinizada fue cubierta nuevamente con una bolsa de papel, evitando la contaminación de la cruza por otro tipo de polen para tener así la seguridad de que el fruto sea el producto de los progenitores deseados. También se colocó una etiqueta para tener identificado el fruto proveniente de la cruza (ver figura 9).



**Figura 9. Embolsado e identificación de la flor polinizada.**

Cada cruza fue identificada con una etiqueta diferente en cuanto a color de la letra y liga con que fue atada la bolsa con el pedúnculo floral, así, de esta manera, fue más fácil tener el control de cada cruza. Se tuvo un control constante hasta la aparición del fruto. A partir de los 4 a 5 días después de la polinización se procedió a quitar la bolsa de papel a cada flor ya fecundada y de esta manera permitir el desarrollo del fruto libremente. Únicamente se dejó la liga con su respectiva tarjeta de identificación (ver figura 10).



**Figura 10. Descubrimiento de la flor polinizada.**

**Identificación del fruto:** se tuvo una constante observación desde la aparición del fruto hasta que estos fueron cosechados para la obtención de semillas y así poder evaluar la variación fenotípica de cada cruce de papaya. Su identificación fue la colocación de una cinta de nylon, de diferente color, colocada en el pedúnculo del fruto, tratando de dejarla floja para que al momento del engrosamiento del fruto, este no haya sido impedido. Se colocó una cinta de color verde para el cruce entre hermafroditas y autopolinización, cinta con color rojo para la cruce de machos con hembras, cinta de color amarillo para la cruce entre hermafroditas con hembras, se colocó cinta de color azul en la cruce de machos con hermafroditas (ver figura 11).



**Figura 11. Identificación de frutos de acuerdo con el tipo de cruce.**

#### **5.4.2. Fase II**

Luego de la cosecha de los frutos, producto de las cruces, se les extrajo las semillas y después se realizó una mezcla de semillas provenientes de cuatro frutos de la misma cruce, para después tomar una muestra representativa al azar de 25 semillas de cada cruce (ver figura 12).





**Figura 12. Muestra representativa de semillas provenientes de cruces y autopolinizaciones de hermafroditas.**

Posteriormente fueron sembradas las 25 semillas de cada cruce, tomadas al azar, en cajas germinadoras (ver figura 13) para su posterior trasplante al campo definitivo, dándole su manejo correspondiente como el control de plagas y enfermedades, fertilizaciones, riegos y desmalezado manual. Todo este manejo se llevó a cabo hasta poner a la plántula en un tamaño de 25 cm, tamaño ideal para su trasplante al campo definitivo.

Cada caja germinadora fue identificada con una cinta de nylon del color correspondiente a cada una de las cruces antes mencionadas (ver figura 14).



**Figura 13. Colocación de semillas en cajas germinadoras y emergencia de las mismas.**



**Figura 14. Camas germinadoras con su respectiva identificación.**

**El trasplante:** la cantidad de plantas trasplantadas fue 25 de cada cruce, sembradas a un distanciamiento de dos por dos metros al cuadro, previo a la preparación del suelo. Obteniendo en la parcela de evaluación una cantidad de 100 plantas de papaya. Previo al trasplante se desinfectó el agujero con un nematicida (ver figura 15). La cantidad fue de cinco gramos de producto por agujero. Luego se colocó el pilón de papaya dentro del agujero.



**Figura 15. Trasplante de pilones y aplicación de nematicida.**

**Rotulado:** luego de haber finalizado el trasplante de todo el material, se procedió a colocar un rótulo para cada tipo de cruza, con la nomenclatura (ver cuadro 10 en anexos) que le corresponde a cada cruza o autopolinización (ver figura 16). También se procedió a colocar un rótulo en la parcela de evaluación con la información del proyecto de tesis.



**Figura 16. Rotulado de las cruzas.**

Posteriormente, se le dio el manejo agronómico correspondiente a la plantación de papaya para proceder a la medición de variables cualitativas y cuantitativas, de acuerdo a la etapa fenológica correspondiente a cada variable.

**Validación de hipótesis:** para la validación de la hipótesis correcta se utilizó la prueba de Chi Cuadrado, cuya fórmula es:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Dónde:

$\chi^2$ = Valor de la prueba Chi Cuadrado.

$\Sigma$ = Sumatoria

O= Frecuencia observada.

E= Frecuencia esperada.

Para contrastar (prueba de hipótesis) la hipótesis nula con la alternativa se utilizó la regla que indica que si el valor Chi Cuadrado calculado es mayor que el valor de Chi Cuadrado de la tabla de probabilidades se rechaza la hipótesis nula.

## 5.5 Variables de Respuesta

### 5.5.1. Variables Cualitativas

La determinación de estas variables nos permitió evaluar las características fenotípicas, que segregaron cada una de la cruza, de acuerdo al tipo genético (ver cuadro 11 en anexos).

**Sexo de la Flor:** se observó visualmente en la apertura del botón floral en cada una de las plantas provenientes de cada cruce o autopolinización, es decir, en cada una de las 25 plantas que se evaluaron de cada cruce, determinándose si era una planta hermafrodita, hembra o macho.

**Segregación sexual de la F<sub>1</sub>:** para esta variable se realizó una prueba Chi Cuadrado utilizando el test de independencia por medio de una tabla de contingencia para evaluar si la segregación sexual se ajustó a la frecuencia esperada y determinar si las cruces controladas corresponden a la distribución poblacional.

**Color de la semilla:** se les extrajo las semillas a algunos frutos tomados al azar de cada cruza. Se secó la semilla para obtener una mejor percepción del color de la misma, observando si era de color café claro, café oscuro o negra.

**Forma del fruto:** se observaron los frutos de las plantas de cada cruza al momento que estos estuvieron en su completo desarrollo, casi listos para la cosecha. La forma del fruto que se examinó fue de acuerdo al descriptor: redondos, semirredondos, alargados, ovoides y ovoide-alargados (ver figura 17).



**Figura 17. Frutos alargados (izquierda), frutos redondos (centro) y frutos ovoides (derecha).**

### **5.5.2. Variables Cuantitativas**

Estas variables permitieron cuantificar la expresión fenotípica de cada una de las cruzas de acuerdo al tipo genético que se evaluó.

**Días a cosecha:** en esta variable de respuesta se contaron los días transcurridos desde el inicio de la floración hasta la pérdida del color verde en el pedúnculo del fruto o cuando este tenía líneas de color verde-amarillo en forma longitudinal.

**Días al inicio de la floración:** se contaron los días transcurridos desde que la planta fue trasplantada hasta que apareció el primer botón floral en cada una de ellas.

**Diámetro del fruto (cm):** esta variable se midió con la ayuda de una cinta métrica. Se midió en la parte media del fruto. Se tomaron 25 frutos al azar de cada planta de cada cruce, en medio del área de fructificación.

**Longitud del fruto (cm):** esta variable se midió de similar manera a la anterior, tomando un fruto por planta de cada cruce para un total de 25 plantas, la medición fue desde el pedúnculo hasta el extremo distal del fruto.

**Peso del fruto (kg):** se tomaron 25 frutos de cada planta, por cruce, que estuvieran aptos para la cosecha, y de esta manera se les tomó el peso individual por medio de una balanza.

De esta manera se obtuvieron todos los resultados de la  $F_1$  del cultivo de papaya en evaluación, para su posterior análisis e interpretación de resultados.

La relación diámetro y largo del fruto se analizó bajo un análisis estadístico de correlación y regresión lineal.

La frecuencia fenotípica de la segregación sexual se analizó por conteo directo en la población evaluada. Los resultados se obtuvieron por medio de la prueba Chi Cuadrado, por el método de prueba de independencia de variables, a través de una tabla de contingencia. Tanto los modelos de regresión lineal como la prueba de Chi Cuadrado se determinaron utilizando el software estadístico Minitab 16®.

## VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Variables Cualitativas

#### 6.1.1. Sexo de la Flor

Se muestrearon 100 plantas, 25 plantas por cada uno de los cuatro tipos de cruza realizados y se procedió a realizar la identificación de la inflorescencia de cada planta de acuerdo al tipo de crusa realizado.

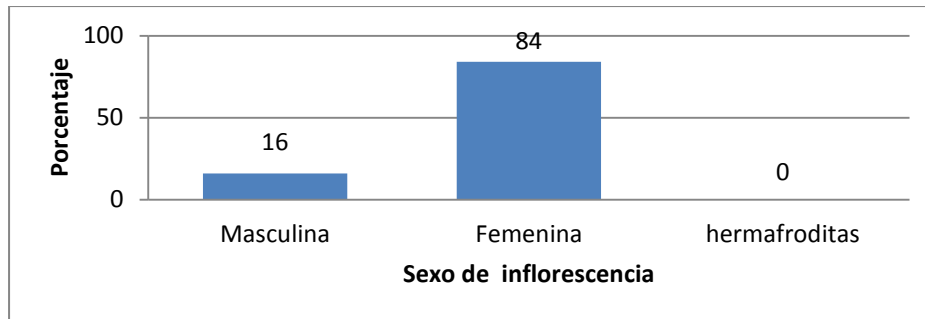
Se realizó el conteo del sexo de la flor para todas las cruza realizadas, para ello se elaboró una tabla de contingencia de doble entrada para presentar los resultados obtenidos, estos se presentan en el cuadro 1.

De acuerdo a la evaluación realizada a 25 plantas provenientes de la crusa realizada entre plantas masculinas ( $M2m$ ) x femeninas ( $mm$ ) se obtuvo cuatro plantas con flores masculinas y 21 plantas con flores femeninas y no se obtuvo ningún tipo de inflorescencia hermafrodita, por lo tanto se puede determinar que al cruzar plantas masculinas con femeninas no producen plantas con inflorescencia hermafrodita, como se muestra en la figura 18.

**Cuadro 1. Conteo del sexo de la flor por tipo de crusa realizado.**

Tipo de crusa	Sexo		
	Masculina	Femenina	Hermafrodita
$M2m \times mm$	4	21	0
$M1m \times mm$	0	18	7
$M2m \times M1m$	2	13	10
$M1m \times M1m$	0	8	17

Fuente: Autor, 2015.

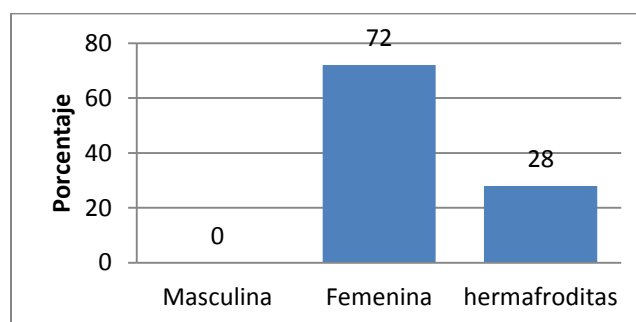


**Figura 18. Cantidad de plantas machos, hembras y hermafroditas de la F<sub>1</sub> de la cruce de plantas masculinas por femeninas.**

El 16% de las plantas presentan inflorescencia masculina, mientras que el 84% de las plantas presentó inflorescencia femenina y no se presentó inflorescencia hermafrodita.

Se puede observar que al cruzar plantas masculinas con femeninas se obtienen plantas con inflorescencias machos y hembras, sin embargo, de acuerdo a las características del mercado y las exigencias del productor no se recomienda utilizar esta cruce pues se obtendrían machos, indeseables para la comercialización de los frutos.

En la cruce de plantas hermafroditas (*M1m*) por femeninas (*mm*) se muestrearon 25 plantas de la F<sub>1</sub> y se obtuvo 18 plantas femeninas y siete plantas hermafroditas y se observó la ausencia de inflorescencia masculina como se muestra en la figura 19.



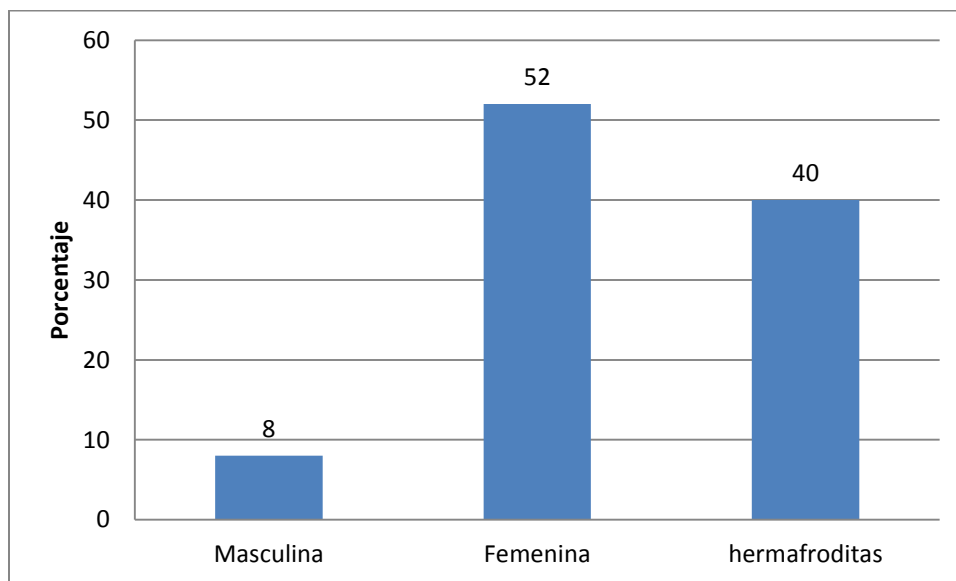
**Figura 19. Cantidad de plantas machos, hembras y hermafroditas de la F<sub>1</sub> de la cruce de plantas hermafroditas por femeninas.**



El 72% de las plantas presentó inflorescencia femenina, mientras que el 28% de las plantas presentó inflorescencia hermafrodita y no se obtuvo plantas con inflorescencia masculina.

De acuerdo al mercado y las exigencia de los consumidores prefieren frutos más pesados y las plantas hermafroditas producen frutos de mayor peso, mientras que las plantas cuyos frutos provienen de inflorescencias hembras producen frutos de un peso inferior a los frutos provenientes de inflorescencias femeninas, por lo que lo ideal sería que exista mayor cantidad de hermafroditas en la segregación sexual de la  $F_1$ .

En la cruce de inflorescencia masculina ( $M2m$ ) por hermafrodita ( $M1m$ ) se determinó que la  $F_1$  presentó dos plantas con inflorescencia masculina, 13 plantas con inflorescencia femenina y 10 plantas con inflorescencia hermafrodita. Es importante recalcar que fue la única cruce que produjo  $F_1$  con los tres tipos de sexo en la inflorescencia. La figura 20 muestra la distribución del sexo de la inflorescencia en porcentaje.

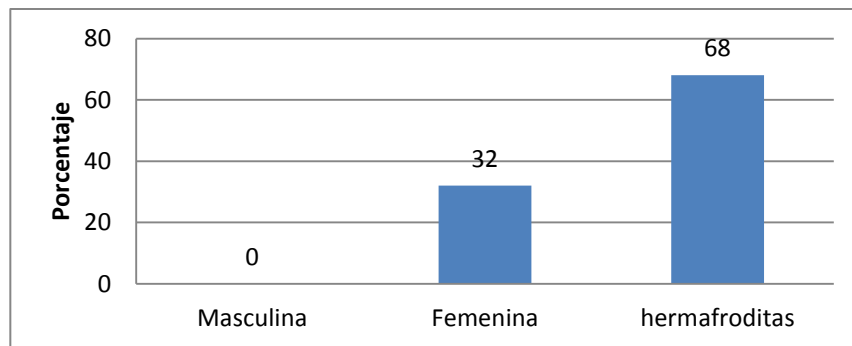


**Figura 20. Cantidad de flores masculinas, femeninas y hermafroditas de la  $F_1$  de la cruce de plantas masculina por hermafrodita.**

De la cruce de plantas masculinas por hermafroditas se obtuvo 8% de plantas masculinas en la  $F_1$ , 52% de plantas femeninas y 40% de plantas hermafroditas.

La  $F_1$  de la cruce realizada entre plantas hermafroditas generó ocho plantas hembras y 17 plantas hermafroditas, por lo que esta es la cruce que se necesita de acuerdo a la morfología que presentan los frutos provenientes de inflorescencias femenina y hermafrodita. La figura 21 hace una comparación de los porcentajes obtenidos de la  $F_1$  en dicha cruce.

Es importante tomar en cuenta que al existir machos, hembras y hermafroditas se puede observar que los pesos son variables, por lo que la producción no es uniforme y los ingresos no son los mejores, sin embargo, es importante tomar en cuenta que lo mejor es que la  $F_1$  tenga en su mayoría inflorescencias hermafroditas y en menor medida hembras, pero no machos.



**Figura 21. Cantidad de flores masculinas, femeninas y hermafroditas de la  $F_1$  de la cruce de plantas hermafroditas por hermafroditas.**

Según los resultados obtenidos esta cruce es la que produce mayor cantidad de inflorescencias hermafroditas (68%) e inflorescencias femeninas (32%), siendo estas las más deseadas porque poseen mayor peso y se pueden comercializar con mayor precio en el mercado local, por lo que este tipo de selección por parte de los productores al momento de la siembra le produciría mayores ingresos.

Según los resultados obtenidos en las diferentes combinaciones de cruzas se puede establecer que el productor puede iniciar con la selección de semillas provenientes de plantas hermafroditas por hermafroditas para mejorar la longitud, diámetro y peso del fruto, lo que repercute en mayores precios pues el mercado local tiene fijación de precios de acuerdo a tamaño y peso, discriminando la calidad de las frutas, esto ayudaría a mejorar por medio de un proceso de selección previa de la semilla los ingresos de los productores, además, se reducirían costos pues muchos de ellos siembran hasta tres plantas por postura para luego eliminar dos dejando plantas con inflorescencias hermafroditas y en algunos casos femeninas, sin embargo, estas plantas eliminadas representa costos para los productores pues las prácticas agronómicas realizadas a las mismas son iguales para todas hasta el momento del raleo el cual ocurre al momento de la etapa de floración.

### **6.1.2. Segregación Sexual**

Se plantearon dos hipótesis para determinar si la segregación sexual tiene una relación de dependencia con el tipo de cruzamiento realizado. Para realizar el contraste de hipótesis se utilizó la prueba de Chi Cuadrado al 95% de confianza utilizando el test de independencia con ayuda de una tabla de contingencia. Las hipótesis planteadas fueron:

- **Hipótesis nula:** la segregación sexual de la descendencia proveniente de las cuatro cruzas establecidas en la investigación son independientes.
- **Hipótesis alternativa:** la segregación sexual de la descendencia proveniente de las cuatro cruzas establecidas en la investigación no son independientes.

**Cuadro 2. Tabla de contingencia utilizada en la prueba de Chi Cuadrado en la segregación sexual de cuatro cruzas del cultivo de papaya.**

Cruza	Sexo de la Planta			total
	Masculina	Femenina	Hermafrodita	
<i>M2m X mm</i>	4	21	0	25
<i>M1m X mm</i>	0	18	7	25
<i>M2m X M1m</i>	2	13	10	25
<i>M1m X M1m</i>	0	8	17	25
Total	6	60	34	100

Fuente: Autor, 2015.

**a. Prueba Chi Cuadrado cruza *M2m X mm***

De acuerdo a la prueba Chi Cuadrado se observó que el valor de Chi Cuadrado calculado fue 11.56, mientras que el valor Chi Cuadrado tabulado fue de 3.84 al 5% con dos grado de libertad en el error, por lo tanto se puede afirmar que la segregación no obedece a la genética mendeliana. El comportamiento de la segregación no fue el esperado y se rechaza la hipótesis nula y se afirma que la segregación sexual de la descendencia no sigue la genética mendeliana (ver cuadros 16 y 17), observándose que únicamente se obtienen plantas con inflorescencia masculina y femenina.

**b. Prueba Chi Cuadrado cruza *M1m X mm***

Se realizó la prueba de Chi Cuadrado a la cruza *M1m X mm* y se determinó que el valor Chi Cuadrado calculado fue 4.84, y el valor Chi Cuadrado tabulado es 3.84. De acuerdo a la regla de decisión la segregación sexual no corresponde a la genética mendeliana por lo tanto se puede establecer que los valores observados no fueron los que se esperaban, mostrando que únicamente se obtienen flores femeninas y plantas con flores hermafroditas.

### **c. Prueba Chi Cuadrado cruza *M2m X M1m***

Luego de haber calculado el valor Chi Cuadrado de la fórmula descrita anteriormente se determinó que el valor obtenido fue 7.76, si se compara con el valor Chi Cuadrado tabulado (5.991) se observa que el valor calculado es mayor que el tabulado por lo tanto se puede llegar a establecer que la segregación sexual no corresponde a lo esperado, siendo la inflorescencia femenina y hermafrodita las que predominaron.

### **d. Prueba Chi Cuadrado cruza *M1m X M1m***

Según los valores calculados de esta cruza se establece, contrario a las anteriores, que para esta cruza la segregación sexual sigue una tendencia mendeliana, ya que el valor de Chi Cuadrado calculado fue 0.0196 mientras que Chi Cuadrado tabulado fue 3.84. Por lo tanto se puede concluir que los valores observados fueron los esperados. Siendo inflorescencia femenina y masculina las que únicamente se obtuvieron.

Las plantas que provienen de la cruza de parentales hermafrodita por hermafrodita producen únicamente plantas femeninas y hermafroditas. Debido a las características morfológicas longitud y ancho que exige el mercado los frutos que provienen de esta cruza son los más deseados.

Es importante mencionar que algunas cruzas no siguieron la herencia mendeliana. Lo más probable es que fue debido al pequeño tamaño de la muestra utilizada ya que para esta investigación se utilizaron únicamente 25 plantas por cada una de las cruzas realizadas, y la tendencia de la herencia mendeliana se puede observar mejor cuando las poblaciones son grandes.

### **6.1.3. Color de la Semilla**

Para el color de la semilla se realizaron muestreos de frutos seleccionados a partir de la  $F_1$  de cada cruza controlada y se determinaron los siguientes colores (cuadro 3):

**Cuadro 3. Color de la semilla de acuerdo al tipo de cruce realizada.**

<b>Tipo de Cruza</b>	<b>Color de la Semilla</b>
<i>M2m X mm</i>	Café oscuro
<i>M1m X mm</i>	Café claro
<i>M2m X M1m</i>	Café oscuro
<i>M1m X M1m</i>	Café claro

Fuente: Autor, 2015.

Se pudo constatar que de la cruce hermafrodita (*M1m*) por femenino (*mm*) y hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*), se obtuvo semillas de color café claro. Mientras que la cruce de plantas masculinas por femeninas y masculina por hermafrodita generó semillas color café oscuro.

Para poder ayudar en el proceso de cruces controladas, considerando que se observó que en la cruce hermafrodita por hermafrodita se obtiene un 68% de inflorescencia hermafroditas y un 32% de inflorescencia femenina, siendo el color de la semilla café claro, por lo que el productor puede realizar la selección con el color de la semilla. Aunque cabe destacar que al realizar la cruce hembra por hermafrodita también producen en la  $F_1$  semillas café claro, sin embargo, en ninguna de las dos cruces se obtienen machos por lo que el color es útil para la eliminación de machos en la segregación.

## **6.2 Variables Cuantitativas**

### **6.2.1. Días a Floración**

Los días a floración de las cuatro cruces se muestran en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Días a floración de las cuatro cruzas controladas utilizadas durante la investigación y prueba de Tukeyal 5% realizada.**

Tipo de craza	Días a Floración	Tukey	Coefficiente de Variación (%)
<i>M1m X M1m</i>	131.0	A	0.14
<i>M2m X M1m</i>	126.3	B	5.17
<i>M2m X mm</i>	126.2	B	5.68
<i>M1m X mm</i>	125.9	B	4.39

Se pudo determinar que en la craza de flor hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*) se obtuvo los mayores días a floración (131 días) en promedio y de acuerdo al coeficiente de variación la floración fue uniforme, además, se realizó un análisis de varianza y el valor de la probabilidad  $p$  fue 0.0000(ver cuadro 18), siendo esta estadísticamente diferente al resto de acuerdo a la prueba de Tukey realizada, mientras que las otras tres cruzas obtuvieron en promedio 126 días a floración aproximadamente, y los coeficientes de variación oscilan entre 5.68 y 4.39%, por lo que lo que se puede determinar es que la floración fue uniforme. Por lo tanto, se puede concluir que sí existe una diferencia marcada en cuanto a días a floración y las diferentes cruzas sí inciden en la etapa de floración de la  $F_1$ , existiendo, aproximadamente, cinco días de diferencia. Siendo la craza *M1m X M1m* (hermafrodita por hermafrodita) la que más días tarda en florear (131), mientras que las demás cruzas tardan aproximadamente 126 días.

**Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable días a floración.**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	448.8	149.6	3.88	0.011**
Error	96	3696.8	38.5		
Total	99	4145.6			

Fuente: Autor (2015).

### 6.2.2. Días a Cosecha Después de la Floración

Se determinó los días a cosecha después de floración de las cuatro cruzas controladas realizadas en la investigación (cuadro 5).

**Cuadro 6. Días a cosecha después de floración en cuatro cruza controladas.**

<b>Tipo de Cruza</b>	<b>Días a Cosecha</b>	<b>Coefficiente de Variación (%)</b>
<i>M2m X mm</i>	155.7	1.76
<i>M1m X mm</i>	155.0	3.62
<i>M2m X M1m</i>	156.1	3.54
<i>M1m X M1m</i>	150.7	18.99

Fuente: Autor, 2015.

La crusa de hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*) produjo una  $F_1$  que se cosechó a los 151 días, aproximadamente, siendo estadísticamente igual al resto de las cruza luego de realizado el análisis de varianza (ver cuadro 19), sin embargo, son datos muy variables debido a que el coeficiente de variación fue 18.99% lo que hace una cosecha irregular, mientras que la  $F_1$  de la crusa de masculina (*M2m*) por hembra (*mm*) es la que genera una cosecha más regular con 155.7 días de cosecha después de floración ya que su coeficiente de variación fue 1.76%.

**Cuadro 7. Análisis de varianza de la variable días a cosecha.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Factor	3	452	151	0.64	0.592ns
Error	90	21230	236		
Total	93	21682			

Fuente: Autor (2015).

A pesar de que la crusa *M1m X M1m* obtiene los mayores días a floración, esto se revierte a los días a cosecha ya que se necesitan 150.7 días para poder realizar la actividad, mientras que la crusa *M2m X M1m* es la que más tiempo se lleva, hasta 156.1 días, aproximadamente cinco días de diferencia, siendo esto en el campo poco relevante ya que la diferencia entre días a cosecha es mínima tomando en cuenta el ciclo total del cultivo, sin embargo, hay que tomar en cuenta el coeficiente de variación debido a que al ser 18.99% indica que en términos generales las plantas mostraron des uniformidad al momento de llegar a ese día de cosecha.

En la crusa de hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*) el coeficiente de variación es alto debido a que se obtiene segregación femenina y hermafrodita presentado



precocidad en floración las femeninas, lo que afecta la uniformidad a días a cosecha. La precocidad promedio es mayor debido al porcentaje de hembras presentes afectando el promedio general de la craza, esto no afecta a las otras cruzas.

### 6.2.3 Peso del Fruto (kg)

El peso del fruto se determinó a partir de 25 frutos seleccionados al azar de diferentes plantas producto de las cuatro cruzas controladas realizadas en la investigación. Los resultados se muestran en el cuadro 6.

**Cuadro 8.** Peso del fruto (kg) de la F<sub>1</sub> de las cuatro cruzas y prueba de Tukey al 5%.

Tipo de craza	Peso (kg)	Tukey	Coefficiente de variación (%)
<i>M1m X M1m</i>	4.4	A	21.9
<i>M2m X M1m</i>	4.1	AB	25.48
<i>M1m X mm</i>	3.6	B	27.33
<i>M2m X mm</i>	3.5	B	13.85

Fuente: Autor, 2015.

Se realizó un análisis de varianza (cuadro 20) y se determinó que la craza *M1m* por *M1m* y *M2m* por *M1m* fueron las que mostraron mayores pesos en relación a las otras dos cruzas.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza de la variable peso del fruto.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	13.803	4.601	5.57	0.002**
Error	88	72.738	0.827		
Total	91	86.541			

Fuente: Autor (2015).

Se determinó que las plantas producto de las cruzas masculina (*M2m*) por femenina (*mm*) obtuvo en promedio frutos de 3.5 kg, siendo esta craza la que presentó menor variación entre el peso de los frutos con 13.85% de variación.

La cruce hermafrodita (*M1m*) por femenina (*mm*) obtuvo plantas cuyos frutos fueron ligeramente más pesados que la cruce *M2m* por *mm* con 3.6 kg, sin embargo, fueron los que presentaron mayor variación en el peso ya que su coeficiente de variación fue 27.33%.

La cruce masculino (*M2m*) por hermafrodita (*M1m*) obtuvo frutos más pesados (4.1 kg) y un coeficiente de variación de 25.48% por lo que la uniformidad del peso de los frutos es poca.

Por último la uniformidad de la cruce hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*) fue mucho mejor que las dos últimas con un coeficiente de variación de 21.9% y fue la cruce que obtuvo frutos más pesados, con un promedio de 4.4 kg, siendo igual de significativo que la cruce *M2m* por *M1m* con 4.1 kg. El coeficiente de variación es alto en algunas cruces debido a que la segregación de la  $F_1$ , en algunos casos obtuvo machos, hembras y hermafroditas, como el caso de la cruce de masculina por hermafrodita, donde el coeficiente de variación es 27.33%.

#### 6.2.4. Longitud del Fruto (cm)

Con ayuda de una cinta métrica se midió la longitud del fruto. Los valores obtenidos se muestran en el cuadro 7.

**Cuadro 10. Longitud de los frutos colectados de la  $F_1$  de las cuatro cruces controladas.**

<b>Tipo de Cruza</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Coeficiente de Variación (%)</b>
<i>M2m X mm</i>	33.9	2.2
<i>M1m X mm</i>	33.2	17.02
<i>M2m X M1m</i>	34.0	20.19
<i>M1m X M1m</i>	37.2	16.59

Fuente: Autor, 2015.

El análisis de varianza (cuadro 21) no detectó diferencia estadística significativa para la variable longitud del fruto, por lo que en todas las cruces se obtiene la misma longitud

de fruto. La menor variación en la longitud del fruto (2.2%) se obtuvo en la cruce masculino (*M2m*) por femenina (*mm*). Se puede concluir, entonces, que no existe una relación directa entre la longitud y el sexo de las cruces evaluadas.

**Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable longitud del fruto.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Factor	3	229.5	76.5	2.53	0.062ns
Error	88	2658.7	30.2		
Total	91	2888.2			

Fuente: Autor (2015).

El coeficiente de variación probablemente es mayor en la cruce macho (*M2m*) por hermafrodita (*M1m*) debido a que la segregación de en la  $F_2$  se obtuvo machos, hembras y hermafroditas, ya que la longitud del fruto de cada tipo de planta de estas es diferente.

Según las exigencias del mercado el consumidor prefiere frutos cuya longitud es mayor. Debido a que en todas las cruces se obtienen longitudes similares, el tipo de cruce no influye sobre las exigencias del mercado.

### 6.2.5. Diámetro del Fruto

El análisis de varianza para la variable de respuesta diámetro del fruto (cuadro 22) indica que existen diferencias altamente significativas entre cruces. Se procedió a hacer una separación de medias por medio de la prueba de Tukey, al 5% de nivel de significancia (cuadro 8).

Se determinó que los frutos con mayor diámetro se obtuvo en el cruce masculino (*M2m*) por hermafrodita (*M1m*) con 17.5 cm y un coeficiente de variación de 12.21% y de la cruce hermafrodita (*M1m*) por femenina (*mm*), con un diámetro de 16.6 cm y coeficiente de variación de 11.02% lo que hace que los frutos no sean muy irregulares en cuanto a diámetro se refiere.

El cruce de hermafrodita (*M1m*) por hermafrodita (*M1m*) generó plantas cuyos frutos tuvieron un diámetro de 16.0 cm, sin embargo, son frutos con diámetros más uniformes ya que el coeficiente de variación fue de 9.03%.

Por último la cruce de masculino (*M2m*) por femenina (*mm*) obtuvo diámetros de 15.2 cm y porcentaje de variación de 7.17% siendo estos frutos los que se obtuvo mayor uniformidad.

En plantas donde la cruce segregó los tres sexos se obtuvo mayores diámetros con 17.5 cm por fruto, mientras que en plantas donde la cruce segregó flores masculinas y femeninas únicamente se obtuvo un diámetro de 15.2 cm.

El coeficiente de variación es mayor en la cruce masculina (*M2m*) por hermafrodita (*M1m*) debido a que la segregación de la  $F_2$  obtuvo masculinas, femeninas y hermafroditas por lo que el diámetro de estas es más variable.

**Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable diámetro del fruto.**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	61.22	20.41	7.21	0.0000**
Error	90	254.69	2.83		
Total	93	315.91			

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 13. Diámetro del fruto y prueba de Tukey al 5% proveniente de plantas  $F_1$  de cuatro cruces controladas.**

Tipo de Cruza	Diámetro (cm)	Tukey	Coeficiente de Variación (%)
<i>M2m X M1m</i>	17.5	A	12.21
<i>M1m X mm</i>	16.6	AB	11.02
<i>M1m X M1m</i>	16.0	B	9.03
<i>M2m X mm</i>	15.2	B	7.17

Fuente: Autor, 2015.

### 6.3. Correlación y Regresión Lineal entre las Variables Diámetro y Longitud del Fruto

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar si existe una relación lineal entre las variables diámetro y longitud del fruto de las plantas provenientes de las cuatro cruzas controladas realizadas en el cultivo de papaya. Los datos se muestran en el cuadro nueve.

**Cuadro 14.** Coeficiente de correlación y modelos de regresión lineal.

<b>Tipo de Cruza</b>	<b>Correlación (r)</b>	<b>Modelo de Regresión Lineal</b>
<i>M2m X m m</i>	0.883	Diámetro (cm) = 0.4491 Longitud (cm)
<i>M1m X m m</i>	0.960	Diámetro (cm) = 0.4914 Longitud (cm)
<i>M2m X M1m</i>	0.949	Diámetro (cm) = 0.5052 Longitud (cm)
<i>M1m X M1m</i>	0.926	Diámetro (cm) = 0.4221 Longitud (cm)

Fuente: Autor, 2015.

De acuerdo con los valores obtenidos en el coeficiente de correlación de Pearson se determinó que existe una relación de dependencia entre las variables diámetro y longitud del fruto, por lo tanto se puede establecer que el diámetro está en función de la longitud que pueda presentar el fruto. Además, se presenta un modelo de regresión para cada una de las cuatro cruzas controladas realizadas.

## VII. CONCLUSIONES

Después del análisis y discusión de los datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que la crusa que obtuvo inflorescencia femenina y hermafrodita fueron aquellas plantas cuya crusa parental fue hermafrodita por hermafrodita y hermafrodita por femenina, mientras que en la crusa masculina por femenina se obtuvo únicamente descendencia masculina y femenina; por último se obtuvo inflorescencia masculina, femenina y hermafrodita en la crusa masculina por hermafrodita.
- De acuerdo a la segregación sexual se determinó que las cruza masculina por femenina, hermafrodita por femenina y masculina por hermafrodita no siguen la genética mendeliana, mientras que la crusa hermafrodita por hermafrodita sí sigue la genética mendeliana.
- El tipo de crusa no influye sobre los días a cosecha y longitud del fruto.
- La crusa hermafrodita por hermafrodita produce una mayor cantidad de días a floración (131 días), mientras que el resto de cruza florecen entre 125.9 y 126.3 días.
- Las cruza hermafrodita por hermafrodita y masculina por hermafrodita producen un mayor peso de fruto (entre 4.1 y 4.4 kg), mientras que las cruza hermafrodita por femenina y masculina por femenina producen frutos menos pesados (entre 3.5 y 3.6 kg).
- Las cruza masculina por hermafrodita y hermafrodita por femenina producen un mayor diámetro de fruto (entre 16.6 y 17.5 cm), mientras que las cruza

hermafrodita por hermafrodita y masculina por femenina producen un menor diámetro de fruto (entre 15.2 y 16.0 cm).

- Las cruzas que producen semillas de color claro son: hermafrodita por hermafrodita y hermafrodita por hembra. Las semillas claras siempre segregan plantas hermafroditas y hembras, nunca masculinas.
- Se determinó que existe una correlación lineal entre el diámetro del fruto y su longitud, en la F<sub>1</sub> de las cuatro cruzas controladas evaluadas.

## VIII. RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias obtenidas se recomienda lo siguiente:

- Para obtener frutos más pesados, de mayor longitud y plantas con flores femeninas y hermafroditas se recomienda que se haga una siembra con semillas de la cruce hermafrodita por hermafrodita y machos por hermafrodita.
- Para obtener flores femeninas y hermafroditas utilizar la cruce hermafrodita por hermafrodita en los parentales porque segregan 68% de plantas hermafroditas y 32% de plantas femeninas.
- Se recomienda la utilización de semillas claras debido a que la segregación sexual siempre será hermafrodita y hembras. Las cruces que producen semillas de color claro son hermafrodita por hermafrodita y hermafrodita por hembra.
- Al momento que el productor desee cambiar de un sistema tradicional de cruces machos por hembras a uno tecnificado que implique la selección de hermafroditas por hermafroditas para obtener una segregación de hermafroditas y hembras, debe tomar en cuenta que esta segregación será 68% hermafroditas y 32% hembras, por lo que obtendrá frutos de mayor longitud y peso provenientes de hermafroditas y un 32% de frutos cuya longitud y peso será menor que las anteriores por lo que debe tomar en cuenta este aspecto al momento de la comercialización en el mercado local, nacional o internacional.



## X. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L. G. (2003). El cultivo de papaya en el piedemonte llanero: guía de manejo para pequeños productores. Corpoica, Colombia, Boletín Divulgativo No. 10.
- Argueta, M.A.H. (1990). Diagnóstico del cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.) con riego de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento (DIRYA) en el parcelamiento La Blanca, Ocós, San Marcos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 54 p.
- De la Cruz, S. J. R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- Giacometti, D.C.; Torres, R.M. (1997). Mejoramiento genético del papayo. Revista ICA 2(4): 71 - 76.
- INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). (2010). Atlas climatológico. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Guatemala, C.A.
- León, J. (1988). Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Caricáceas, Lima, Ediciones ICA.pp. 419 - 420.
- Malo, S.; Campbell, C. (1994). La Papaya. Universidad de Florida (Estados Unidos). 3 p.
- Olmos, O.R.; Taboada, L. (1975). Selección de semillas y composición de plantas de papaya en dos zonas de vida diferentes. Tesis. Universidad Nacional, Medellín. pp. 518.
- Parés, J. (1998). Biología floral de la lechosa cv. Cartagena Amarilla. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 71 p.
- Penella, J.S. (1968). La Lechosa. Consejo de Bienestar Rural. Caracas. 36 p.
- Ramírez, D.O. (1995). Para la mayor producción de papaya. Agricultura de las Américas 14(1): 12 - 18.
- Reyes, C. (2003). Los recursos genéticos de la familia Caricaceae en el mejoramiento de *Carica papaya* L. en Colombia. Memorias Taller Internacional sobre Caricaceae. Colombia, 1: 28-32.
- Rodríguez, M<sup>a</sup>.C. (1989). Estudio sobre la fenología, comportamiento floral, productividad y características del fruto de papaya (*Carica papaya* L.) en varios

cultivares del grupo "Solo", con especial referencia a la carpeloidía, en las condiciones canarias. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral. 280 p.

Rojas, Y.; Ramos, R.; Salazar, R. (1985). Posible relación del sexo con algunas características morfológicas y agronómicas de la papaya (*Carica papaya* L.). Acta agronómica 35(2):20-33.

Rossy, W. (1990). Cultivo e industrialización de la papaya en Puerto Rico. Revista de Agricultura de Puerto Rico 32(1): 121.

Riollano, A.(1984). Nuevas técnicas para el cultivo de la papaya. Revista de Agricultura de Puerto Rico V 47(48): 112 - 115.

Sánchez, I.; Medina, C. (2003). Utilización de los marcadores moleculares en la caracterización y evaluación de la diversidad genética de Caricaceae. Memorias Taller Internacional sobre Caricaceae. Colombia, 1: 41-46.

Simmons, C.H.; Tárano, J.M.; Pinto, J.A. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona, Guatemala. José de Pineda Ibarra. p. 175-293.

Soto, M. (2011).Estadística y tecnología de la información y comunicación con cuidados: Chi Cuadrado. Consultado el 20 de marzo de 2015. Disponible en: <https://cristina92sm.wordpress.com/2011/05/15/ejercicio-del-seminario-nueve-chi-cuadrado/>

Storey, W.B.(1953). Genética de la papaya. The journal of Heredity 44(2): 70-78.

Storey, W.B. (1967). Papaya (*Carica papaya* L.). Estados Unidos, Universidad de California. p. 1-4.

Taffur, R.R. (1991).Tipos de flor de papaya. In: VI Reunión Anual, Programa de hortalizas y Frutales. ICA, Santa Marta. p, 26.

Vásquez, F.J. (1999). Aspectos biológicos relacionados con la floración, polinización, fecundación y formación de frutos y semillas. Facultad de Agronomía, FAUSAC, Guatemala, USAC. p. 11-12.

Velásquez, L.W. (1987). Cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.): proyecto de producción de frutas tropicales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Estación de fomento Los Brillantes. p. 1, 2,5-7.

Velásquez, M.R. (1983). El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) y su importancia económica. Guatemala, DIGESA. p. 4-17.

## XI. ANEXOS

**Cuadro 15. Factores que gobiernan el sexo en papaya, por una serie de tres alelos de un gen.**

FACTOR	TIPO GENÉTICO
m = para la femineidad	mm
M1 = para hermafroditismo	M1m
M2 = para la masculinidad	M2m

Fuente: Storey, 1953.

**Cuadro 16. Porcentaje teórico de la descendencia en las cruzas.**

CRUZAS	% DESCENDENCIA
1. $M2m \times mm$	50% $M2m$ + 50% $mm$
2. $M1m \times mm$	50% $M1m$ + 50% $mm$
3. $M2m \times M1m$	33.3% $M2m$ + 33.3% $M1m$ + 33.3% $mm$
4. $M1m \times M1m$	66.6% $M1m$ + 33.3% $mm$

Fuente: Hofmey's (1976).

**Cuadro 17. Expresión de sexo para una flor individual.**

---

<b>Tipo de Flor</b>	<b>Característica Sexual</b>
Hermafrodita	Flor que tiene ambos estambres y pistilo.
Estaminada (o androica)	Flor que sólo tiene estambres.
Pistilada	Flor que sólo tiene pistilo.

---

Fuente: Hofmey's (1976).

**Cuadro 18. Expresión del sexo para una planta individual.**

---

<b>Tipo de Flor</b>	<b>Característica Sexual</b>
Hermafrodita	Planta con flores hermafroditas únicamente.
Monoica	Plantas con flores pistiladas y estaminadas.
Androica	Planta con flores estaminadas únicamente.
Ginoica	Planta sólo con flores pistiladas.
Andromonoica	Plantas con flores hermafroditas y estaminadas.
Ginomonocica	Plantas con flores hermafroditas y pistiladas.
Trimonoica	Plantas con los tres tipos de flores: hermafroditas, estaminadas y pistiladas

---

Fuente: Hofmey's (1976).

**Cuadro 19. Expresión del sexo en grupos de plantas.**

Tipo de Flor	Característica Sexual
Hermafrodita	Grupo con sólo plantas hermafroditas.
Monoico	Grupo con sólo plantas monoicas.
Dioico	Grupo de plantas androicas y ginoicas.
Androdioico	Grupo con plantas hermafroditas y androicas.
Ginodioico	Grupo de plantas hermafroditas y ginoicas.

Fuente: Hofmey's (1976).

**Cuadro 20. Tabla de distribución de Chi Cuadrada.**

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo								Significativo		

Fuente: Soto (2011).

**Cuadro 21. Valores observados, valores esperados y cálculo de la Chi Cuadrada de las cruzas realizadas.**

	Tipo de flor	O	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	$\chi^2$
<i>M2m X mm</i>	Masculina	4	12.5	-8.5	72.25	5.78	11.56
	Femenina	21	12.5	8.5	72.25	5.78	
	Hermafrodita	0	0	0	0	0	
	Masculina	0	0	0	0	0	
<i>M1m X mm</i>	Femenina	18	12.5	5.5	30.25	2.42	4.84
	Hermafrodita	7	12.5	-5.5	30.25	2.42	
	Masculina	2	8.33	-6.33	40.0689	4.81	
<i>M2m X M1m</i>	Femenina	13	8.33	4.67	21.8069	2.62	7.76
	Hermafrodita	10	8.33	1.67	2.7889	0.33	
	Masculina	0	0	0	0	0	
<i>M1m X M1m</i>	Femenina	8	8.33	-0.33	0.1089	0.0131	0.0196
	Hermafrodita	17	16.67	0.33	0.1089	0.0065	
	Masculina	0	0	0	0	0	

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 22. Valor de Chi Cuadrado calculado, Chi Cuadrado tabulado y significancia estadística, por crusa.**

Cruza	Chi Cuadrado calculado	Chi Cuadrado tabulado
<i>M2m X m m</i>	11.56ns	3.84
<i>M1m X m m</i>	4.84ns	3.84
<i>M2m X M1m</i>	7.76ns	5.99
<i>M1m X M1m</i>	0.0196**	3.84

ns= no hay significancia al 5%.

\*\*= sí hay significancia al 1%.

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 23. Datos de longitud de fruto (cm) por cruce.**

<i>M2m X mm</i>	<i>M1m X mm</i>	<i>M2m X M1m</i>	<i>M1m X M1m</i>
32	25	26	26
33	25	26	27.5
33	27	26	28
33	27	26.5	28
33.5	28	26.5	28
33.5	28	28	29.5
33.5	30	28	31
33.5	31	28	37
34	31	28.5	37
34	31.5	30	39
34	32	31.5	39.5
34	32	32	39.5
34	32	32	40
34	32.5	39	40
34	32.5	39.5	40
34	34	40	41
34.5	34	40	41.5
34.5	34	40.1	41.5
35	41	42	42
35	41.5	42	43
35	42	43	43
	42	43.5	43.5
	42	44	43.5
	42		44

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 24. Datos de diámetro del fruto (cm) por cruza.**

<i>M2m X mm</i>	<i>M1m X mm</i>	<i>M2m X M1m</i>	<i>M1m X M1m</i>
14	14	14.5	14
14	14.5	15	14
14	14.5	15	14
14	14.5	15	14
14	15	15.5	14.5
14.5	15	15.5	14.5
14.5	15	16	15
14.5	15	16	15
14.5	15.5	16	15
15	16	16.5	15.5
15	16	17	15.5
15	16	17	16
15	16.5	18	16
15	16.5	18	16
16	17	18	16.5
16	17	18.5	16.5
16.5	17	18.5	17
16.5	17.5	19	17
17	18	19	17
17	18	19.5	17.5
17	19	21	17.5
	19	21	18
	19.5	22	18
	20		18
	20		18.5

Fuente: Autor (2015).



**Cuadro 25. Datos de días a floración por cruce.**

<i>M2m X mm</i>	<i>M1m X mm</i>	<i>M2m X M1m</i>	<i>M1m X M1m</i>
110	118	114	122
112	120	116	122
112	120	119	122
121	121	119	123
121	121	121	125
121	121	121	125
124	122	121	125
124	122	122	126
125	122	122	131
125	122	124	131
125	124	124	132
127	124	124	133
127	124	124	133
127	124	125	134
129	124	129	134
129	127	131	134
130	127	131	135
130	130	133	135
132	131	133	136
132	131	133	136
133	134	134	136
134	134	134	136
134	135	134	136
136	135	135	137
136	135	135	137

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 26. Datos de días a cosecha por cruza.**

<i>M2m X mm</i>	<i>M1m X mm</i>	<i>M2m X M1m</i>	<i>M1m X M1m</i>
152	148	149	149
152	148	149	149
152	148	149	149
152	150	151	150
152	150	151	15
152	151	151	151
155	151	151	152
155	151	153	152
155	152	153	156
155	152	153	156
157	152	154	156
157	152	154	156
157	154	154	156
157	154	158	158
157	154	158	158
158	154	160	158
158	154	162	158
158	160	162	158
158	160	163	160
160	163	163	160
160	163	164	160
	163	164	162
	163	164	162
	164		162
	164		164

Fuente: Autor (2015).

**Cuadro 27. Datos del peso del fruto (kg) por cruza.**

<i>M2m X mm</i>	<i>M1m X mm</i>	<i>M2mXM1m</i>	<i>M1m X M1m</i>
2.26	2.04	2.72	2.72
2.26	2.26	2.94	2.72
3.17	2.72	2.94	2.94
3.17	2.72	2.94	2.94
3.4	2.94	3.17	3.17
3.62	2.94	3.17	3.4
3.62	2.94	3.4	3.68
3.62	2.94	3.4	3.85
3.62	2.94	3.62	4.53
3.62	3.17	3.62	4.53
3.62	3.17	3.62	4.53
3.62	3.17	4.08	4.53
3.62	3.17	4.08	4.76
3.62	3.4	4.53	4.76
3.62	3.4	4.76	4.76
3.85	3.62	5.21	4.98
3.85	3.62	5.21	4.98
3.85	4.53	5.21	4.98
4.08	4.53	5.44	5.21
4.08	4.76	5.66	5.21
4.08	4.76	5.66	5.21
	4.98	5.89	5.44
	5.44		5.44
	5.44		5.66
			5.89

Fuente: Autor (2015).