



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERA AGROPECUARIA**

TEMA

**COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO.**

AUTOR

CELIA MARIANA MENDOZA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. M.C. ROMMEL ARTURO RAMOS REMACHE

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROPECUARIO

TÍTULO:

COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO

(*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO.

APROBADO POR:

Ing. M.Sc. Diana Veliz Zamora.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

Ing.M.Sc. Jaime Vera Chang.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc.Jorge Quintana Zamora.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

Ing. Agr. M.C. Rommel Ramos R, docente de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CERTIFICO: Que la egresada Celia Mariana Mendoza Sánchez, realizó la investigación de la tesis de grado titulada: “**COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO** bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. Agr. M.C. Rommel Ramos Remache.

DIRECTOR DE TESIS

LOS RESULTADOS DE LA PRESENTE INVESTIGACION ES
RESPONSABILIDAD DE LA AUTORA

Quevedo, 08 de Abril del 2015

CELIA MARIANA MENDOZA SÁNCHEZ

AGRADECIMIENTO

Primeramente me gustaría agradecer a Dios por este importante logro alcanzado bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por hacer realidad este sueño anhelado y por guiarme en el sendero correcto.

A las autoridades de la facultad de Ciencia Pecuarias:

Ing. Yenny Torres Navarrete Decana de la facultad, Ing. Agr. M.Sc. Gerardo Segovia F. Coordinador de carrera; por su aporte brindado en los procesos de gestión para mi formación académica.

A mi director de tesis el Ing. Agr. M.C. Rommel Ramos Remache por tenerme paciencia y por guiarme en cada paso de esta etapa profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional impartieron sus conocimientos, experiencias y me ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización de la tesis.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de este importante logro profesional alcanzado.

DEDICATORIA

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mis padres Humberto Mendoza y Merly Sánchez por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	xv
CAPÍTULO I	
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Introducción	1
1.2. Problematización.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipotesis.....	4
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Fundamentación Teórica	5
2.1.1. Origen y domesticación del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	5
2.1.2. Descripción botánica.....	6
2.1.2.1. Semillas.....	6
2.1.2.2. Raíz.....	6
2.1.2.3. Hojas	6
2.1.2.4. Flores	7
2.1.2.5. Frutos	8
2.1.3. Biología floral	9

2.1.4.	Fisiología floral	10
2.1.5.	Tipos de cacao	11
2.1.5.1.	Criollo	12
2.1.5.2.	Forastero	13
2.1.5.3.	Trinitario	14
2.1.5.4.	Nacional	15
2.1.6.	Compatibilidad genética	15
2.1.6.1.	Tipos de incompatibilidad	16
2.1.6.2.	Auto compatibilidad	18
2.1.6.3.	Incompatibilidad cruzada.....	19
2.1.7.	Polinización del cacao.....	20
2.1.7.1.	Polinización natural	20
2.1.7.2.	Insectos polinizadores del cacao.....	22
2.1.7.3.	Polinización asistida	23
2.1.7	Clones élites (Definición, características)	24

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Materiales y Métodos.....	26
3.1.1.	Localización y duración del experimento.....	26
3.1.2.	Tipo de investigación.....	26
3.1.3.	Material genético.....	26
3.1.4.	Materiales de campo	29
3.1.5.	Materiales de oficina	29
3.1.6.	Equipos	29
3.1.7.	Diseño experimental.....	29

3.1.8.	Datos Registrados y Métodos de Evaluación.....	30
3.1.8.1.	Auto compatibilidad (AC) y Hetero compatibilidad (HC).....	30
3.1.8.2.	Compatibilidad (CT) e incompatibilidad (ICT).....	31
3.1.8.3.	Longitud del pedúnculo	31
3.1.8.4.	Longitud y Ancho del Sépalo (mm)	31
3.1.8.5.	Longitud y Ancho del Pétalo (mm)	31
3.1.8.6.	Longitud del Estaminoide (mm).....	31
3.1.8.7.	Longitud de pistilo (mm)	31
3.1.8.8.	Peso de la Flor (gramos).....	31
3.1.9.	Manejo del Experimento.....	31
3.1.9.1.	Podas de mantenimiento y sanitarias.....	31
3.1.9.2.	Fertilización	32
3.1.9.3.	Control de Malezas	32
3.1.9.4.	Riego.....	32
3.1.9.5.	Técnicas de Autopolinización.....	32
3.1.9.6.	Número e Identificación de Flores.....	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Auto compatibilidad (AC) y hetero compatibilidad (HC)	35
4.2.	Compatibilidad (CT) e incompatibilidad (ICT)	36
4.3.	Longitud del pedúnculo.....	38
4.4.	Largo de sépalo.	38
4.5.	Ancho de sépalo.	38
4.6.	longitud de pétalo.....	39
4.7.	Ancho de pétalo	39

4.8.	Longitud de estaminoides	39
4.9.	longitud del pistilo	40
4.10.	Peso de la flor	40
CAPITULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1.	Conclusiones	44
5.2.	Recomendaciones	45
CAPITULO VI		
Bibliografía		
6.1.	Literatura citada	46
CAPITULO VII		
ANEXOS		
7.1.	ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro		Página
1	Clasificación taxonómica	5
2	Características diferenciales entre los tipos de cacao	12
3	Características meteorológicas de la Finca Experimental la María	26
4	Características productivas y sanitarias de 64 clones élites de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa” (Flores, 2012)	27
5	Esquema de Análisis de Varianza ADEVA Caracterización de la Flor.	28
6	Esquema de Análisis de Varianza ADEVA Compatibilidad Genética	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Flor de Cacao y sus Partes.	10
2	Tipos de cacao	11
3	Cacao tipo Criollo	13
4	Cacao tipo Forastero	14
5	Cacao tipo Trinitario	14
6	Cacao tipo Nacional	15
7	Sistemas de incompatibilidad	16
8	Incompatibilidad esporofítica morfología del tubo polínico	17
9	Incompatibilidad esporofítica unión de gametos	18
10	Esquema del recorrido del polinizador al interior de la Flor y la forma de transportar los granos de polen	22
11	Rasgos morfológicos de adultos de tres géneros de Ceratopogónios	23
12	Proceso de polinización individual asistida	24

ÍNDICE DE CUADROS ANEXO

Cuadro		Página
1	Análisis de varianza de la variable Auto compatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	52
2	Análisis de varianza de la variable Hetero compatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	52
3	Análisis de varianza de la variable Compatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	52
4	Análisis de varianza de la variable Incompatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	53
5	Análisis de varianza de la variable Longitud del pedúnculo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	53
6	Análisis de varianza de la variable Longitud de sépalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	53
7	Análisis de varianza de la variable Ancho del sépalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	54
8	Análisis de varianza de la variable ancho de pétalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	54
9	Análisis de varianza de la variable Largo pétalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	54
10	Análisis de varianza de la variable Longitud del estaminoides, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	55
11	Análisis de varianza de la variable longitud de pistilo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La	55

	Represa", 2015	
12	Análisis de varianza de la variable peso de la flor, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015	55
13	Cronograma de actividades de la investigación	56
14	Presupuesto estimado para seis meses de duración de la investigación	57

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

Figura		Página
1	Esquema de campo experimental de los clones de cacao en Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014 – 2015	58
2	Suministro de agua por medio de surcos a los clones de cacao Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	58
3	Poda de mantenimiento realizada con podadora aérea Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	59
4	Botones florales de los clones de cacao para realizar la polinización. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	59
5	Polinización manual. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	60
6	Clones de cacao ya polinizadas. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	60
7	Clones de cacao emitiendo mazorcas Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	61
8	Toma y registros de datos. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	61
9	Mediciones de flores (mm). Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	62
10	Pesos de flores en (g). Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015	62

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Localizada en el recinto Faita, Kilómetro 7,5 de la Vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador y tuvo una duración de seis meses desde agosto del 2014 hasta febrero del 2015. El tema en estudio fue “Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipos nacional y trinitario en la Finca La Represa, Provincia de Los Ríos.”, teniendo como objetivo general Evaluar la auto compatibilidad genética en 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en la Finca Experimental La Represa y como específicos: Seleccionar clones de cacao con mayor grado de auto compatibilidad genética. Determinar clones de cacao que presenten incompatibilidad genética. Caracterizar la morfología floral del clon auto compatible. Se realizaron auto polinizaciones en 64 clones de cacao tipo Nacional y Trinitario, polinizando en cada clon 10 flores. Se evaluó que la población de 64 clones elites de cacao evaluados existen un 40% de genotipos que son compatibles genéticamente, del cual el 21,87% en 14 clones resultaron auto compatibles y el restante 18.75%. Se empleó la prueba estadística de Duncan al nivel de 5% de probabilidad. También se registraron las variables de tamaño de la flor, peso de la flor, largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo y largo del pedúnculo. Para estas variables se efectuó correlaciones y también se hizo la prueba estadística de distribución de frecuencia. Los clones con mayor auto compatibilidad fueron 14 y representan el 40.62 % del total del material genético estudiado y presentaron una fecundación del 50 al 100 %. La auto compatibilidad mostrada en los 14 clones en parte estuvo influenciada por el tamaño de su órgano florales, como el pedúnculo, sépalos, pétalos, estaminodios y pistilos que facilitan la fecundación de las flores realizadas por agentes polinizadores.

Palabras claves: clones, élites, *Theobroma cacao* L., compatibilidad, auto polinizaciones,

Summary

This research was conducted at the Experimental Farm "Dam", owned by the State Technical University of Quevedo (UTEQ) Located in the grounds Fanta, Kilometer 7.5 of Via San Carlos, in Quevedo, Los Rios province, Republic of Ecuador and lasted six months from August 2014 to February 2015. The study topic was "genetic compatibility of 64 clones elites cacao (*Theobroma cacao* L.) and Trinidadian national rates at Finca La Represa, Province Rivers ", with the overall objective self assess genetic compatibility in 64 clones elites of cacao (*Theobroma cacao* L.) National type and Trinitario at the Experimental Farm Dam and as specific. Select cocoa clones with greater degree of self compatibility genetics. Determine cocoa clones presenting genetic incompatibility. To characterize the floral morphology of self compatible clones. Self-pollinations were performed on 64 clones National and Trinitario cocoa type, pollinating each clone 10 flowers. It was assessed that the population of 64 clones evaluated elites are 40% cacao genotypes which are genetically compatible, of which 21.87% in 14 clones were compatible car and the remaining 18.75%. Duncan statistical test was employed at the 5% probability. Variables flower size, weight, length of sepals, sepal width, petal length, petal width and length of the flower stalk were also recorded. For these variables was performed correlations and statistical frequency distribution test was also done. The clones were more self-compatibility and 14 represent the 40.62% of the total genetic material and had a fertilization studied from 50 to 100%. Self compatibility shown in the 14 clones was partly influenced by the size of your floral organ such as the stem, sepals, petals, pistils staminodes and facilitating the fertilization of flowers made by pollinators.

Keywords: clones, elites, *Theobroma cacao* L, compatibility, self-pollinations.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la economía ha estado fuertemente ligada a la producción del cacao, (*Theobroma cacao* L.) Desde el periodo de la colonia y durante la vida republicana. Las plantaciones cacaoteras han usado buena parte de la superficie agrícola del país (costa, oriente y pequeñas partes de la sierra) lo que moviliza a decenas de miles de agricultores y consigo sus familias, atrayendo también mano de obra de otras regiones (Montoya, 2012).

La producción anual de cacao supera las 200.000 TM en una superficie aproximada de 400.000 has, por lo que Ecuador exporta alrededor del 62% de la producción total de cacao fino de aroma en el mundo (MAGAP, 2013). La presencia de nuevos clones de cacao como el EET- 544 y EET – 558 que presento INIAP se caracterizan por tener alto rendimiento, con promedios de producción superiores a los 40 qq/ha, cumpliendo dos condiciones básicas: siembra en zonas de alta luminosidad, y la utilización las recomendaciones realizadas por los especialistas del INIAP (López y Navia, 2012).

Uno de los principales aspectos que influyen en la productividad de cacao es el mejoramiento genético para que sea eficaz y sostenible, debe basarse en el conocimiento real y completo de sus recursos genéticos disponibles. Una debilidad de todos los programas de mejoramiento genético de cacao, sin excepción (centroamericanos, latinoamericanos, africanos y asiáticos), fue el de haber iniciado con una estrecha base genética que se constituyó en un serio obstáculo para el desarrollo de germoplasma élite. Por ello, la ampliación y el mejoramiento de esta base genética, necesita de la consolidación de actividades de pre mejoramiento (colección, caracterización, evaluación, multiplicación/regeneración, documentación, conservación, e intercambio de germoplasma), y eficaces métodos de mejoramiento genético participativo (Oshiro & Alvarado, 2008).

La compatibilidad es el estudio de la capacidad de la fecundación de una flor receptora (madre) al entrar en contacto con el donador de polen (padre) las mismas que están nominadas genéticamente y son heredables; en la auto compatibilidad el polen de la flor le sirve a la misma flor. El factor ecológico juega un papel importante sobre el fenómeno de la compatibilidad sexual, ya que un mismo cultivar en lugares distintos manifiestan un comportamiento diferente. Esto se debe a que las condiciones fisiológicas del árbol pueden hacer cambiar el sistema de compatibilidad en varios niveles (Quinaluisa, 2010).

La incompatibilidad en cacao es una condición puede afectar gravemente la producción. En una plantación, lo más importante es el número de mazorcas sanas que se cosecha. Para que se produzca una mazorca sana es necesario que las flores del cacao sean fecundadas con el polen y que, una vez fecundadas o cuajadas, tengan las facilidades para desarrollar en forma robusta y libre de enfermedades (Enríquez, 1970) citado por Jiménez y Cruz (2011).

Una selección realizada por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo a nivel de huertas tradicionales de cacao, basada en los descriptores agronómicos del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1983) y con la inclusión del criterio del productor ha permitido identificar 64 clones élites de cacao por su producción ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ a}$) y tolerancia a enfermedades fungosas como Monilla (*Moniliophthora roreri*) y Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Sin embargo, la presencia de una alta variabilidad genética en dichos cultivares también ha permitido notar bajos rendimientos en algunos de ellos, posiblemente esto se atribuye, a la presencia de genes de incompatibilidad afecta sustancialmente en un 80% de dicha producción.

1.2. Problematización

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), tiene numerosos factores que limitan la producción tales como genéticos, ecológicos, fisiológicos, patogénicos y culturales. Dentro del factor genético existe un problema complejo que es la incompatibilidad, debido a la presencia de barreras genéticas que impide el proceso normal de fecundación de la flor y por consiguiente reduce el potencial de rendimiento del cultivo en condiciones de campo. El problema de la incompatibilidad presente en las plantaciones comerciales, representa pérdidas importantes de hasta más del 50% de la producción, debido a esas barreras genéticas que impiden el proceso de fecundación normal de la flor.

1.3. Justificación

Ante la búsqueda de clones de cacao con atributos superiores se ha planteado la presente investigación para identificar el porcentaje de compatibilidad genética en 64 clones élites de cacao de la Finca Experimental “La Represa”. Esta propuesta permitirá dar paso a la validación de aquellos clones que resulten seleccionados por su producción y tolerancia a las enfermedades fungosas como Monilla (*Moniliophthora roreri*) y Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en parcelas comerciales, antes de ser ofertados al sector productor.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la auto compatibilidad genética en 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en la Finca Experimental La Represa.

1.4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar clones de cacao con mayor grado de auto compatibilidad genética.
- Determinar clones de cacao que presenten incompatibilidad genética.
- Caracterizar la morfología floral de los clones auto compatibles.

1.5. Hipótesis

H₁. Al menos el 10% de los clones de cacao, presentaron alto grado de auto-compatibilidad genética.

H₂. Al menos el 10% de los clones de cacao presentaron incompatibilidad genética.

H₃. Al menos cinco clones auto-compatibles presentaron diferentes características morfológicas.

H₀. Todos los clones de cacao, presentaron igual grado de auto-compatibilidad genética.

H₀. Todos los clones de cacao presentaron incompatibilidad genética.

H₀. Todos los clones de cacao presentaron igual morfología floral genética.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Origen y domesticación del cacao (*Theobroma cacao* L.)

La domesticación, cultivo y consumo del cacao fueron iniciados por los indígenas toltecas, aztecas y mayas en México y Centroamérica mucho antes del descubrimiento de América. Lo consumían como una bebida llamada xocoatl, que por su sabor amargo no agradó a Montezuma y su gente. Su uso por los españoles comenzó en 1550 cuando unas religiosas añadieron dulce y vainilla al chocolate. La bebida que inicialmente era consumida solamente por la corte y realeza europea, pronto pasó a uso más extendido, lo cual originó una gran demanda de la pepa. El cultivo y exportación fueron concedidos mediante Cédula Real como exclusivos de México, Centroamérica, Venezuela y Trinidad y Tobago. Ecuador tenía la exclusividad de obrajes y lanas (Soria, 2000).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica

Clasificación	
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledoneae
Orden	Malvales
Familia	Esterculiáceae
Genero	Theobroma
Especie	Cacao
Nombre científico	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (Omaña, 2009)

2.1.2. Descripción botánica

2.1.2.1. Semillas

Semillas grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión. Se les llama vulgarmente "habas" o "granos" de cacao. Ricas en almidón, en proteínas, en materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real (Cuevas y Hoye, 2009).

2.1.2.2. Raíz

El sistema radical se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo (Cuevas y Hoyer, 2009).

2.1.2.3. Hojas

Durante su formación, crecimiento y estado adulto, las hojas exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación. Generalmente, los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen pigmentación más coloreadas que los del tipo Forastero, los que son de muy poca pigmentación. En todos casos las hojas adultas son completamente verdes, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceolada a casi ovalada, margen entero, nervadura pinada, y ambas superficies glabras. El nervio central es prominente y el ápice de la hoja es agudo. Las hojas están unidas al tronco o a las ramas por medio a los pecíolos, siendo los del tronco más largos que los de las ramas. Las hojas tienen, tanto en la base como en la parte superior, una estructura abultada constituida por un tejido parenquimatoso, cargado de gránulos de almidón, denominada pul vino que, a consecuencia de estímulos de los rayos de luz solar, orientan las hojas mediante movimientos de rotación, buscando posición en relación con sus necesidades de luz (Batista, 2009).

2.1.2.4. Flores

La flor del cacao es hermafrodita, pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es: S5, P5, E5+5, + G (5). Esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; el androceo conformado por 10 filamentos de los cuales 5 son fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminodios); el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos, dependiendo del genotipo. La polinización del cacao es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente, en horas de la mañana, la flor está completamente abierta. Las anteras cargadas de polen abren y están viables (disponibles; funcionales) casi inmediatamente por un período aproximado de 48 horas, esta es la única etapa disponible para la polinización (Batista, 2009).

A partir de la morfología y fisiología floral, se han dado paso varios estudios sobre la compatibilidad genética del cacao, entre los investigadores que incursionaron estudios de la morfología fueron: (Goltla y Jaffe ,1997). Citado por Laje (2013) en su trabajo titulado Morfología comparativa de las flores de *Theobroma cacao* L. mencionan que las longitudes de pedúnculo y de sépalo pueden alcanzar un promedio de 6 -12 mm. Mientras tanto (Villegas y Astorga, 2005). Citado por (Zambrano, 2000). En su trabajo titulado Características morfológicas del cacao nacional. El estudio se realizó en las áreas II, VI y VII del Alto Beni Bolivia, ubicadas a una altitud promedio de 500 m. Se seleccionaron al azar 73 genotipos (árboles) de CNB en nueve plantaciones de agricultores escogidos de una lista elaborada con los nombres y comunidades de productores que cultivan este tipo de cacao. Se escogieron los clones EET 400, OC 77, PA 121, ICS 1 y TJ 1 del banco de germoplasma de la Central de Cooperativas El Ceibo como representativos de los grupos genéticos Trinitario y Forastero y se compararon con los 73 genotipos. Como resultado mencionan que la longitud del estaminoides fue de 7.64, la longitud del pistilo de 2,20 y el ancho del sépalo de 2.43.

Mientras que (Peña, 2003) en su trabajo sobre Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Largo de pétalo puede medir entre 1.85 y 3.57mm y ancho de pétalo Puede medir entre 1,76 y 3,82.

(Laje, 2013) En su estudio realizado “Evaluación de la Auto compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional y Trinitario en el Litoral ecuatoriano”. La presente investigación se llevó a cabo desde Enero hasta Agosto del 2012 en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en la Parte Alta de la Cuenca del Río Guayas a 90 metros sobre el nivel del mar. Quien mostro un peso 0.008 mg de peso de la flor de los clones CCAT-46-57 y CCAT 29-04. Los clones UICYT-C-026, UICYT-C-040, resultaron con los menores promedios, del peso de la flor.

2.1.2.5. Frutos

El fruto del cacao, (*Theobroma cacao* L.) denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginoso de color blanco y sabor azucarado La forma, el tamaño y color del fruto, atributos de interés en la identificación y descripción de los clones y cultivares, varían según el tipo de cacao. La forma está determinada por la relación entre el largo y el ancho y por la configuración de los extremos; el apical puede terminar o no en un estrangulamiento en forma de cuello de botella y el basal puede ser más o menos acuminado, siendo casi esférico en los cala bacillos, alargado y puntiagudo en los cundeamor y angoleta y oval en los amelonados. El tamaño de la mazorca depende del largo, que oscila de 10 a 30 cm y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm. El color del fruto es también muy diverso, presentando los frutos inmaduros color verde, rojo violeta o parcialmente pigmentados de rojo violeta y al madurar el color verde pasa a amarillo y el rojo

violeta a anaranjado, persistiendo la pigmentación en algunos casos (Graziani, *et al.* 2002).

2.1.3. Biología floral

Las inflorescencias se localizan en la base de las hojas alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja al madurar. El cacao es coliflor, es decir que florece en los troncos maduros o partes más viejas, es difícil encontrar genotipos que florezcan en las ramas nuevas o partes más tiernas (Enríquez, 2004).

La flor individual del cacao es hermafrodita o completa, sostenidas por un pedicelo provisto de una constricción basal en la que se puede producir su abscisión; su longitud varía de 1-3 cm, con diámetro que fluctúa entre 0,5 a 1 cm (Barahona 1987, citado por Córdoba, 2011)

El androceo está formado por 10 filamentos, 5 de los cuales son fértiles y toman el nombre de estambres y los otros 5 intercalados son infértiles y toman el nombre de estaminoides, que se ubican alrededor del pistilo a manera de protección. Los estambres son mucho más pequeños que los estaminoides y se encuentran virados hacia atrás, tomando como eje el pistilo y están recubiertos por la concha que forma el pétalo. Los pétalos están formados por tres partes claramente diferenciadas: a) la concha que nace de la base misma entre el sépalo y el estambre; b) el ribete que es un filamento de coloración blanca translúcida; c) la lígula, también llamada limbo. El pistilo está formado por un ovario súpero constituido de la fusión de cinco lóculos y cada uno puede contener de 35 a 50 óvulos dependiendo del genotipo (Somarriba, *et al.* 2010). El estilo está formado por la fusión de cinco apéndices de unos 5 mm de largo, que terminan en un estigma compuesto de cinco filamentos, tal como se puede observar en la figura 1 (Enríquez., 1986) citado por Enríquez (2004).

La floración en el cacao depende de factores endógenos y exógenos, con periodos de reposo absoluto como en el caso de la frotación, puede florecer durante todo el año, siendo favorecida por temperaturas medias elevadas y lluvias abundantes. La fertilidad ovular es muy alta, aunque muchas flores no son aptas

para la fecundación cayendo precozmente (Tovar *et al.*, 1991 citado por Hipernova 2012).

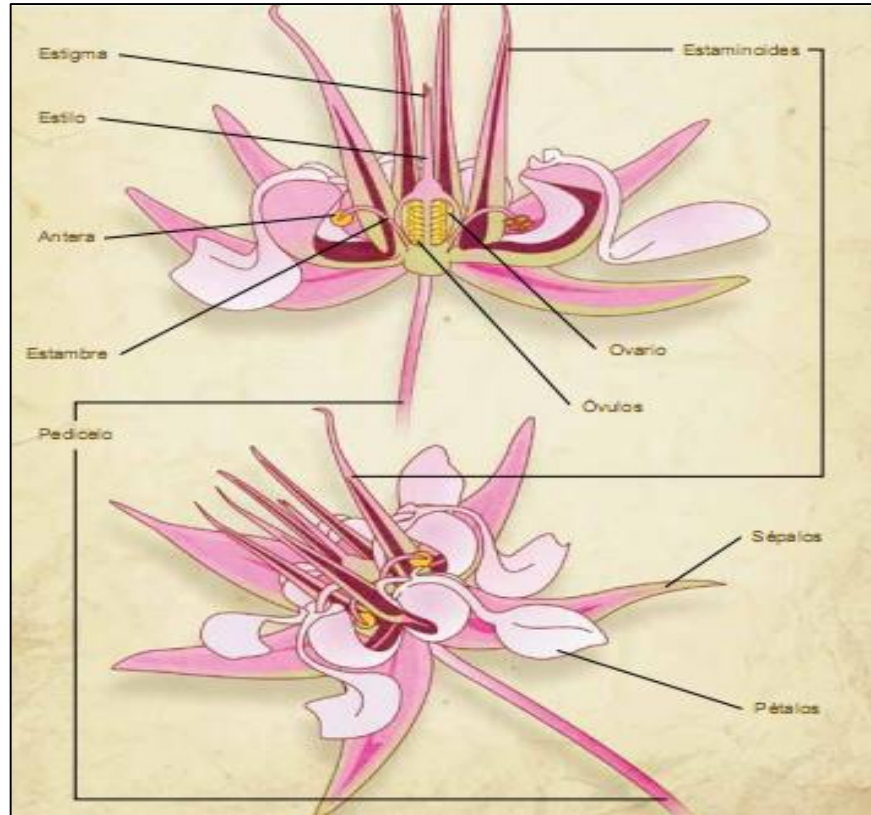


Figura 1. Flor del cacao y sus partes (Somarriba *et al.*, 2010).

2.1.4. Fisiología floral

Las flores se producen y desarrollan en cojines florales en grupos que varían entre 14 y 48. Las flores no nacen abiertas, los botones florales tardan unos 30 días en abrirse, estas lo hacen durante la noche y al amanecer ya están completamente abiertas, se mantienen así por dos o tres días y si tienen algún problema de compatibilidad genética o no son polinizadas se secan y caen. No todas las flores de un cojín floral se abren al mismo tiempo (Enríquez, 2004; Somarriba *et al.*, 2010; y Córdoba, 2011).

La polinización de las plantas es la transmisión del polen (espermios vegetales masculinos) hacia los estigmas de otra planta, logrando la fecundación del óvulo y

la generación de un nuevo fruto. El ciclo de la producción de cacao, desde la polinización hasta el fruto maduro (listo para cosechar) es, en condiciones normales, de seis meses. La flor del cacao pareciera estar hecha para impedir una polinización muy fácil, pues su polen no está al alcance de los fugaces insectos que comen de ella; la abeja, por ejemplo, es incapaz de impregnarse de polen de cacao (Hipernova, 2012).

Según estudios realizados por Ibrahim (1987) citado por (Córdoba, 2011; y USDA, 2009), una planta de cacao puede producir en promedio 4554 ± 687 flores en seis meses, en donde se puede obtener un porcentaje de polinización efectiva que pueda formar un fruto de solo 5,2 a $> 10\%$. Aquellos árboles que no forman mazorcas pueden tener: esterilidad masculina, esterilidad femenina y/o incompatibilidad. La esterilidad masculina puede deberse al aborto del grano de polen; a la ausencia del grano de polen, y a una mala formación de la flor, la esterilidad femenina debido al aborto del óvulo o en la constitución morfológica de la flor (Enríquez, 1970) citado por (Batista, 2009).

2.1.5. Tipos de cacao

En el mundo hay diferentes variedades de cacao, originariamente eran solo dos tipos; El Criollo y El forastero, pero el cruce de estas dos, dio origen al Trinitario Figura 2. Y del cruce repetido entre ellos, se originaron los diferentes tipos de cacao que conocemos y utilizamos (Navarro y Mendoza, 2006).



Figura 2. Tipos de cacao (Navarro y Mendoza, 2006).

Las principales características diferenciales entre los tipos de cacao se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Características diferenciales entre los tipos de cacao

Órgano/Característica	Criollo	Forastero	Trinitario
Semilla			
1. Color cotiledones	Blanco/violeta	Morado/blanco	Morado
2. Forma (sec. Transversal)	Redondeadas	Aplanada intermedia	Variable
Fruto			
1. Color al estado inmaduro.	Rojo o verde	Verde pigmentado	Rojo o verde
2. Rugosidad	Rugoso lig. liso	Liso o medio	Variable
3. Constricción basal.	Ausente o ligero	Grueso o medio	Delgado o medio
4. Grosor de la cáscara.	20-40	20-60	30-45
5. Número de semillas			
Agroindustrial			
1. Inicio de producción	4-6 años	3-5 años	3-4 años
2. Periodo de fermentación.	3-4 días	5-7 días	5-6 días
3. Sabor y aroma.	Extrafino-fino	Corriente	Fino-
4. Contenido de grasa	Bajo <54%	Variable 45-60%	medio Variable 45-57%

2.1.5.1. Criollo

Se desarrolló más específicamente en una zona que abarca desde el norte del Ecuador (Esmeraldas), Colombia, Venezuela, Centroamérica hasta las selvas tropicales de México. Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas de coloraciones verdes y rojizas en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjado rojizos, respectivamente cuando están maduras. El cacao criollo, por haber sido el cacao domesticado y adaptado a diferentes zonas o regiones del planeta, ha sido el cacao más delicado y de poca productividad, y al mismo tiempo el más susceptible a enfermedades. Por esta razón cuando el Mal de machete se

expandió por el continente Americano, este genotipo de cacao casi desaparece, especialmente en Panamá, Costa Rica y Nicaragua. La palabra `criollo` no debe ser confundida con el término local o de ese sitio, puesto que algunos lugares no necesariamente hay cacao tipo criollo, sino mezclas indefinidas, que no pertenecen a su biotipo En la Figura 3 se muestran las características de mazorca y semillas del cacao tipo criollo (Ayala, 2008).



Figura 3. Cacao tipo Criollo (Worldstandards, 2014)

2.1.5.2. Forastero

Presentan mazorcas amarillas cuando están maduras con surcos y rugosidades poco conspicuas, lisas y de extremo redondeado o de punta muy corta. La cáscara de la mazorca es relativamente gruesa, con una capa leñosa difícil de cortar. Las semillas son más o menos aplanadas y los cotiledones frescos son de un color violeta oscuro, algunas veces casi negros. Comprende a los cacaos de Brasil y África Occidental, que proporcionan el 80% de la producción mundial. Llamados Amazónicos porque se encuentran distribuidos en forma natural en la cuenca de ese río y sus afluentes. Requiere un periodo de 4 a 6 días para fermentar. Los forasteros poseen una gran variabilidad, se encuentran en forma silvestre en la alta (Colombia Perú y Ecuador) y baja Amazonía (Brasil, Guayanas y a lo largo del Rio Orinoco en Venezuela). Los estaminoideos de este tipo son de color púrpura, mazorcas verdes con más de 30 semillas en los mejores casos, de color `púrpura,

con alta astringencia y bajo contenido de grasa (Urquhart, 1963; Vera, 1993 y Arguello, 2000 citados por Laje, 2013). En la Figura 4. se muestran las características de mazorca y semillas del cacao tipo forastero.



Figura 4. Cacao tipo Forastero (Worldstandards, 2014).

2.1.5.3. Trinitario

El cacao Trinitario ocupa del 10 al 15% de la producción mundial, está constituido por el cruce del criollo de Trinidad con la variedad introducida de la Cuenca del Orinoco; se lo considera cacao de calidad. Dentro de esta variedad se ubica el CCN51, este clon presenta características de alta producción tolerancia a las enfermedades pero no tiene el aroma que posee el Nacional (Navarro y Mendoza, 2006). En la Figura 5 se muestran las características de mazorca y semillas del cacao tipo trinitario.



Figura 5. Cacao tipo Trinitario (Worldstandards, 2014)

2.1.5.4. Nacional

La ubicación geográfica del Ecuador ha permitido el desarrollo de una de las variedades de cacao más cotizadas en el mercado extranjero, el cacao fino y de aroma, que por poseer un olor y sabor únicos (Landeta *et al.*, 2009).

Se lo considera un forastero amazónico, pero difiere de este por sus características especiales de calidad; se lo considera un parentesco más a fin al tipo criollo. Las mazorcas son amelonadas, pero con estrangulaciones en la base y el ápice de la misma, con surcos y lomos poco profundos. Las almendras internamente son violeta pálido o lila .En la siguiente Figura 6 se indican las características de las mazorcas del cacao tipo Nacional (Borbor y Vera, 2007).



Figura 6. Cacao tipo Nacional (Worldstandards, 2014)

2.1.6. Compatibilidad genética

La compatibilidad es el estudio de la capacidad de la fecundación de una flor receptora (madre) al entrar en contacto con el donador de polen (padre) las mismas que están nominadas genéticamente y son heredables; en la auto compatibilidad el polen de la flor le sirve a la misma flor. El factor ecológico juega un papel importante sobre el fenómeno de la compatibilidad sexual, ya que un mismo cultivar en lugares distintos manifiestan un comportamiento diferente. Esto

se debe a que las condiciones fisiológicas del árbol pueden hacer cambiar el sistema de compatibilidad en varios niveles (Quinaluisa, 2010).

La proximidad de los órganos sexuales en las flores hermafroditas incrementa considerablemente la probabilidad de la autofecundación. Para evitarla, varias especies desarrollaron el sistema de incompatibilidad sexual, mecanismo presente en varias familias de angiospermas que permite al pistilo rechazar el polen propio y aceptar el de plantas genéticamente diferentes. Esto evita la endogamia y favorece la polinización cruzada (Jiménez y Cruz, 2011). Siendo este el caso del cacao.

2.1.6.1. Tipos de incompatibilidad

El conocimiento de los sistemas de compatibilidad y de los genotipos de incompatibilidad de diferentes clones experimentales o comerciales de cacao constituyen una información importante para su futura utilización, en programas de hibridación (Terreros *et al.*, 1976). Por otro lado, es conocido que la eficiencia de la fecundación aumenta en poblaciones de plantas auto compatible y que en el auto incompatible los niveles de fecundación son bajos y por lo tanto son menos productivas. En varios meses del año el cuajamiento de las flores en árboles auto compatibles es prácticamente nulo, tanto en polinizaciones naturales como en las que se practican artificialmente; estudiando las posibles causas del fenómeno encontró que uno de los factores es un pH desfavorable del estigma y del mucilago sobre este órgano (Laje, 2013).

En la figura 7 se describe la incompatibilidad como un sistema (Scheltema, 1989):

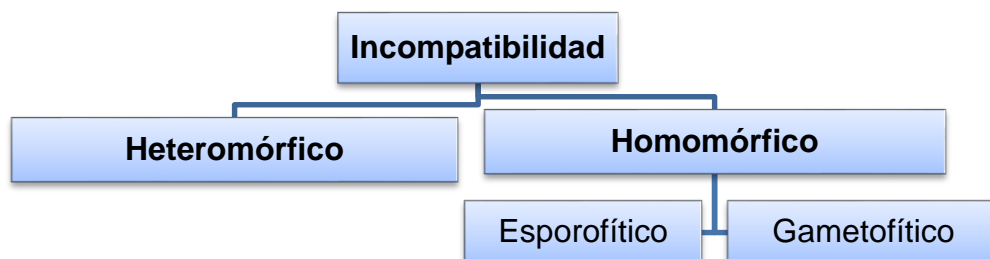


Figura 7. Sistemas de incompatibilidad. Adaptado de (Scheltema, 1989).

El sistema heteromórfico, está caracterizado por diferencias en la morfología de las flores (entre otras cosas, el relativo tamaño del polen y las células del estigma) de plantas de la misma especie. La incompatibilidad heteromórfica no es importante en las plantas cultivadas. Más común es el sistema homomórfico, donde no hay diferencias morfológicas entre flores (Scheltema, 1989).

La incompatibilidad se manifiesta cuando el grano de polen no llega a fecundar el ovario, ya sea por falta de desarrollo del tubo polínico (incompatibilidad esporofítica) o aun cuando el tubo polínico se ha desarrollado y no hay fusión de los núcleos masculinos y femeninos (incompatibilidad gametofítica) (Enríquez, 1970; Laje, 2013). En la Figura 8 y 9. Se detallan los tipos de incompatibilidad.

(Ruiz, 2014), indica que los individuos de cacao presentan un sistema de entrecruzamiento preferentemente alógamo, se ha documentado una clara distinción entre sistemas de auto-incompatibilidad de los genotipos Forasteros y de auto compatibilidad de los Criollos.

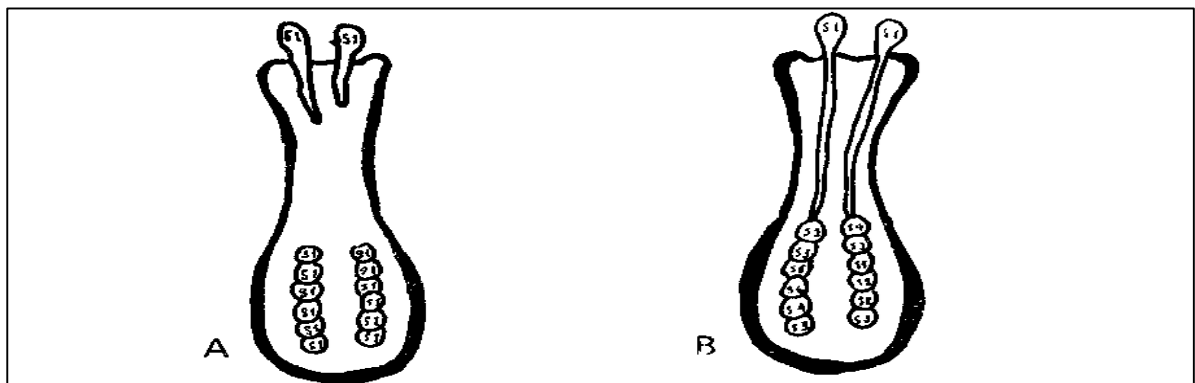


Figura 8. Incompatibilidad esporofítica morfología del tubo polínico (Enríquez, 1970)

A.- El tubo polínico del grano de polen se ha detenido en su crecimiento al tener la misma constitución genética ambas células (S1).

B.- El tubo polínico crece normalmente llegando a fecundar al óvulo cuando tiene diferente constitución genética.

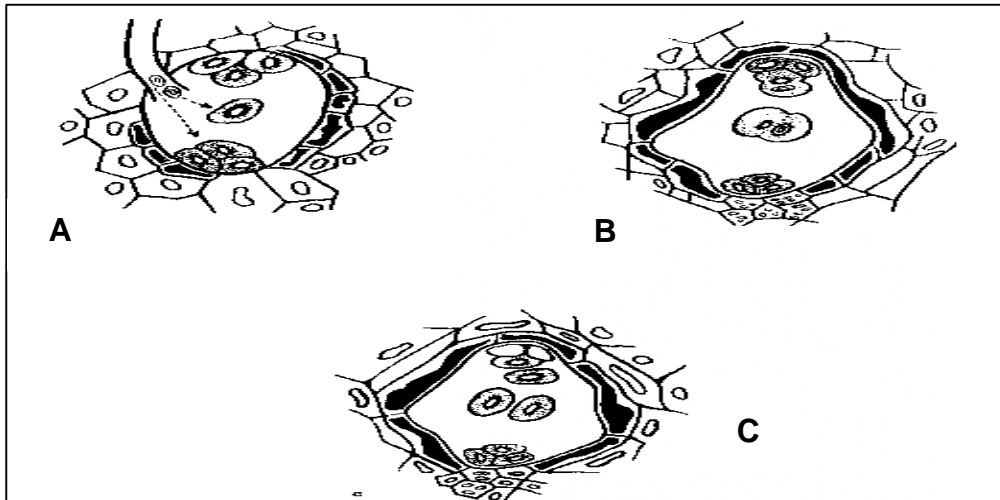


Figura 9. Incompatibilidad esporofítica unión de gametos (Enríquez, 1970).

A.- El tubo polínico penetra al óvulo y deposita las células para la fecundación.

B.- La fecundación se ha realizado normalmente.

C.- Los núcleos de las células no se fusionan y permanecen juntos haciendo fallar la fecundación, para luego morir el óvulo.

En los casos de incompatibilidad gametofítica pueden presentarse en dos formas:

2.1.6.2. Auto compatibilidad

Cuando las flores del mismo árbol o de un mismo clon no pueden fecundarse con su propio polen; siendo necesario que el polen provenga de otra planta con la cual es compatible o sea con la cual es posible la fecundación.

Un crecimiento semi-erecto, con picos de floración principal en el primer y tercer trimestre del año. Son auto-compatibles, es decir que sus flores poseen la capacidad de auto fecundarse con su mismo polen y por su particularidad clona, son muy precoces al comenzar a producir al año y medio de sembrados. Las mazorcas son de tamaño mediano a grande, amarillas cuando maduran y su morfología es parecida a la mazorca típica del cacao nacional fino de aroma. En el caso del clon EET- 544, la mazorca tiene en promedio 45 semillas por fruto, mientras que en el EET- 558 el número promedio es de 43. Los clones EET – 544 y EET – 558 son materiales de alto rendimiento (López y Navia, 2012).

Según (Noriega, 2012) Efectuó el trabajo de investigación titulado determinación de habilidades combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) De tipo nacional seleccionados por el INEAP en la estación experimental litoral sur (EELS). El lugar donde se desarrolló este ensayo fueron los jardines clónales de la Estación Experimental Litoral Sur (EELS), donde se encuentran los materiales genéticos de tipo Nacional con un promedio de edad 10 años, cada uno de los jardines disponen de sistemas de riego subfoliar el mismo que es recomendado para el cultivo de cacao. La variable fue auto compatibilidad quien obtuvo 90% en el híbrido de cacao EET-544. Un estudio realizado por Vera (1969) citado por Zambrano (2000) sobre la compatibilidad en híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la EET-Pichilingue y obtuvo como resultados un 60% de en el cruce EET-103 x EET-387 que mostró marquitas hasta el séptimo día.

2.1.6.3. Incompatibilidad cruzada

Cuando las flores de ciertos árboles o clones no pueden ser fecundadas con el polen de algunos árboles o clones. Según (Mazeira, 2013) Realizo el trabajo de investigación titulado, Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional *in situ* en la zona de Valencia durante la época seca 2013. Investigación que llevo a cabo en la finca "Santa Isabel" en una plantación de cacao tipo Nacional *in situ* ubicada en el Recinto Aguacate de Pise Km 18 vía la Esperanza Canton Valencia, Provincia de los Rios cuya ubicación Geográfica es, latitud 89° 16' 41.18" N y una longitud de 127° 10' 9.15" W. con una latitud de 112 m.s.n.m. investigación que se realizó entre los meses de julio y agosto de 2013. Las variables que se estudiaron fueron con un porcentaje de fecundación de polinización cruzada de 43% de flores que fecundaron y 57% de flores que no llegaron a fecundar.

Quiroz, (1992) Quien realizó el trabajo de investigación titulado Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Para la determinación de los genotipos se usaron cultivares de unos 12 años de edad divididos en 2 grupos. La variable q se utilizó fue incompatibilidad. Quien evaluó EET-95 quien obtuvieron un valor del 100% de incompatibilidad.

2.1.7. Polinización del cacao

2.1.7.1. Polinización natural

La polinización es el proceso de la disposición de polen desde el estambre hasta el estilo (Scheltema, 1989). En el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) la polinización es realizada básicamente por insectos (entomófila). Esto se debe principalmente a las características morfológicas de la flor que hace casi imposible la transferencia del polen de la antera al estigma por otros agentes naturales (ejemplo: viento). Por lo cual es comúnmente aceptado que insectos Dípteros de la familia Ceratopogonidae, géneros: *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon* son los principales agentes polinizadores (Córdoba, 2011). Mosquitas del género *Forcipomyia*, son insectos que están ampliamente especializados para la polinización. Se estima que más del 95% de la polinización natural se debe a esta mosquita (Enríquez, 2004).

Los insectos polinizadores del cacao son pequeños dípteros de 2 a 3 mm pertenecen al género *Forcipomyia*, *Dasyhelea*, *Atrichopogon* (Ceratopogonidae) el primero es considerado como el más eficiente polinizador en las zonas productoras de cacao. También conocidos como como “majes o jejenes” (Mavisoy, *et al.* 2013).

El viento es considerado un factor importante en la polinización, sin embargo en el caso del cacao no es así, porque las anteras donde se encuentra el polen están tapadas por los pétalos y además se encuentran más abajo que el estilo o el estigma de la flor, los estaminoides forman una especie de cilindro que protege el estilo dificultando la entrada de cualquier insecto, igualmente, por el alto grado de humedad existente en las plantaciones, y por el hecho de que el polen de esa planta es muy pegajoso, dificulta que el viento lo arrastre (Córdoba, 2011; Somarriba *et al.*, 2010; y Batista, 2009).

El cacao, como muchas otras plantas del reino vegetal, ha evolucionado y tiene una estrecha relación con insectos de la familia Ceratopogonidae (Enríquez, 2004). Estos insectos llegan a las flores atraídas por los colores de los pétalos y de los estaminoides y las secreciones llamadas néctares (Somarriba et al., 2010). La ventaja de estos insectos es su reducido tamaño que varía entre $> 1 \text{ mm}$ a $< 3 \text{ mm}$ de largo. Aquellas especies $< 2 \text{ mm}$ no son efectivos polinizadores pues no tocan el estilo cuando se ubican sobre el estaminodio (Córdoba, 2011).

Al ingresar las mosquitas a la parte basal de la flor rozan el tórax con las anteras y de esta forma colectan una porción de granos de polen, que pueden depositarlo luego en otra flor (Arévalo, 1972).

El proceso de polinización realizado por los insectos en las flores de cacao ocurre cuando la mosquita entra a una flor, que se encuentra en posición invertida, en donde llevando polen en sus cerdas torácicas lo arrastran al interior del estaminodio, deteniéndose luego a probar su superficie y así, si el estaminoide es paralelo al pistilo, los granos de polen son puestos en el estilo y/o estigma pues el tórax del mosquito se frota contra ellos. Si el estaminodio está oblicuo al pistilo, el polen se deposita solamente en la base. Como el interior es vellosos con largas cerdas concentradas en la base, es imposible para el mosquito, salir por este lugar sin frotarse contra ellas. Además los granos de polen son llevados en toda la superficie del cuerpo (Kaufmann 1975 citado por (Córdoba, 2011)). Los insectos polinizadores tienen actividad durante el día después de las 8:00 am, durante la tarde se ve disminuida (Martínez, Narváez, y Spinelli, 2000). Este proceso se describe en la Figura 10.

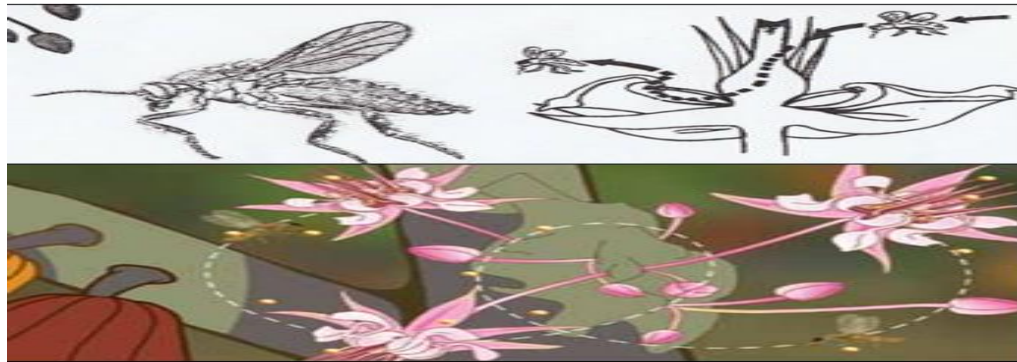


Figura 10. Esquema del recorrido del polinizador al interior de la Flor y la forma de transportar los granos de polen (Córdoba, 2011; y Somarriba *et al.*, 2010).

Si inmediatamente después de la polinización hubo fecundación, o sea, la fertilización del óvulo tuvo lugar, la flor toma un color amarillento y empieza a marchitarse lentamente. En esta etapa inicia el crecimiento y desarrollo del ovario que se convierte en la mazorca de cacao, y los óvulos fecundados dan lugar a las semillas del fruto. Este proceso desde la fecundación de la flor hasta la maduración del fruto, se toma de 165 a 205 días dependiendo de las condiciones ambientales (Batista, 2009).

2.1.7.2. Insectos polinizadores del cacao

En todo cacaotal se encuentra insectos visitando las flores del árbol, como *Frankliniela párvula*, *Toxoptera auranti*, *Wasmannia auropunctata* y algunas de los géneros *Solenopsis sp.*, *Phidole sp.*, *Crematogaster sp.*, *Paratrechina sp.*, *Brachimirmex sp.*, pero nunca se ha determinado su importancia en la polinización, es más, seguramente algunas de ellas no tienen ninguna influencia en la formación de frutos (Enríquez, 2004).

El mismo autor manifiesta que principales agentes polinizadores son los insectos Dípteros de la familia Ceratopogonidae, géneros: *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*. En la Figura 6. Se muestran los rasgos morfológicos de estos insectos. (Córdoba, 2011; y Arévalo, 1972)

Además de los insectos ya descritos (Arévalo, 1972), refiere que áfidos *Aphis gossypii*, hormigas *Wasmania punctata* y *Solenopsis geminata* y abejas *Trigona jaty* visitan las flores del cacao sin embargo, la autopolinización que realizan estos insectos era solo accidental e inadecuada, debido al reducido número de granos de polen que depositan sobre el estigma.

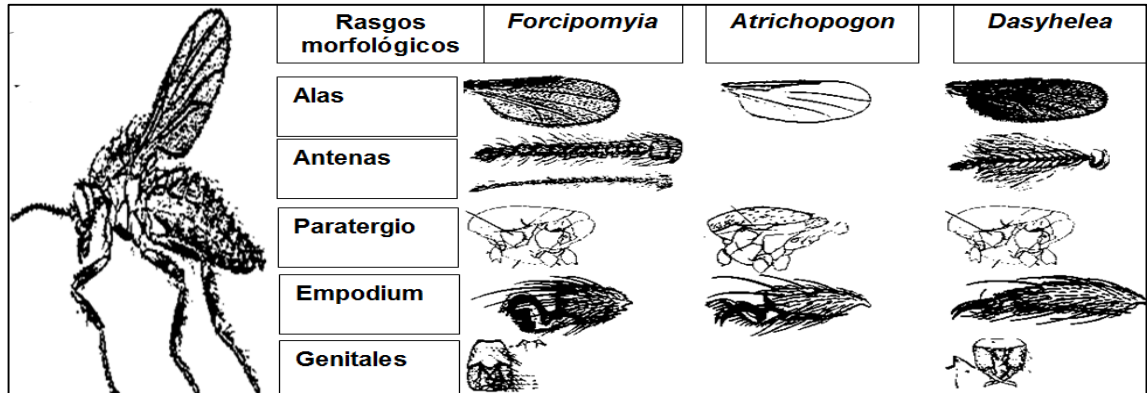


Figura 11. Rasgos morfológicos de adultos de tres géneros de Ceratopogónios.

2.1.7.3. Polinización asistida

Es un método de polinización individual donde se requiere de flores donadoras y receptoras, donde de manera mecánica se remueven los estaminoides con ayuda de una pinza, para dejar libre el pistilo, sobre el cual se frotran las anteras de las flores donadoras de polen (Arévalo, 1972). Para evitar contaminación se coloca una capsula protectora este proceso se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Proceso de polinización individual asistida (Arciniegas, 2005).

A. Materiales utilizados. B. Aislamiento de botones florales. C. Apertura del botón floral. D. Preparación de la flor padre. E. Emasculación. F. Aislamiento de la flor polinizada. G. Prendimiento del fruto. H. Desarrollo del fruto.

Antes de implementar esta técnica y para que la misma sea exitosa, la plantación debe estar limpia, con adecuada entrada de luz, bien fertilizada, excelente suministro de agua y libre de enfermedades e insectos plaga. La recolección de las flores donadoras del polen debe realizarse entre las 6 y 7 de la mañana. Con la polinización manual se puede aumentar la producción y mejorar los ingresos de la plantación, de manera práctica se puede polinizar un promedio de 200 flores en una mañana (4 horas). El polen de una flor es suficiente para polinizar de 5 a 10 flores. Constituyendo una herramienta sencilla que puede y debe ser implementada a través del trabajo grupal, con la participación de la familia cacaotera (Sánchez *et al.*, 2014).

2.1.7 Clones élites (Definición, características)

Para la determinación de clones elite se requiere de una exhaustiva selección de árboles de distinto origen y progenie, en al inicio se comienza por un grupo grande de individuos para posteriormente clasificarlos por sus características, los principales criterios de selección son, compatibilidad genética, la producción acumulada en diferentes periodos o épocas con características ambientales observadas, la incidencia natural o tolerancia a enfermedades, el índice de rendimiento o índice de mazorca, el índice de semilla y características organolépticas. Para ello se comparan los parámetros obtenidos con límites de selección en escalas de acuerdo a clones comerciales anteriormente seleccionados. Es habitual en nuestro medio utilizar los parámetros de rendimiento del clon CCN-51 (Pérez, 2009).

El CCN-51 es un cacao clonado ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brindar apoyo para fomentar la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación. Castro investigó desde 1952 las diversas variedades del grano y finalmente obtuvo la del tipo 51, que es tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad. La relación en la

participación del Clon y el Cacao Nacional Fino en las exportaciones ecuatorianas hasta al momento es de: 75 % Cacao Nacional y 25 % CCN-51 (Anecacao, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Localización y duración del experimento

La investigación se desarrolló bajo las siguientes características climatológicas. La presente investigación se realizó en Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Localizada en el recinto Faita, Kilómetro 7,5 de la Vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. Su ubicación Geográfica corresponde a 01°03`18`` de latitud Sur y 79°25`24`` de longitud Oeste localizada en una zona clasificada como bosque húmedo-Tropical a una altura de 73 m.s.n.m. y tuvo una duración de seis meses desde agosto del 2014 hasta febrero del 2015.

Cuadro 3. Características meteorológicas de la Finca Experimental la María.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	25.47
Humedad relativa, %	85.84
Precipitación, anual. Mm	2223.78
Heliofanía, horas/ luz /año	898.77
Evaporación, promedio anual (%)	78.30
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

Fuente: (Departamento Agrometeorológico del INIAP, 2010-2015).

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo experimental que tributa a la línea de investigación: 1. Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivos de interés estratégico para el Ecuador, que tributa al área de fito-mejoramiento, agronomía.

3.1.3. Material genético

Se emplearon 64 clones élites de cacao colectados en las provincias de Guayas, Los Ríos y la parte baja del Cotopaxi, (Chipe Hamburgo, La Mana)

con características sobresalientes de producción y tolerancia a las principales enfermedades. Actualmente las 64 clones elites de cacao pertenecen a las Facultades de Ciencias Pecuarias y Ciencias Agrarias de la UTEQ. Y fueron enumerados para su mejor identificación, como se indica a continuación.

Cuadro 4. Características productivas y sanitarias de 64 clones élites de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa” (Flores, 2012).

TRAT.	CLONES ELITES	RENDIMIENTO	NME	EB
1	UICYT-C-001	554,50	7,75	0,25
2	UICYT-C-002	301,30	5,75	1,00
3	UICYT-C-003	734,30	7,25	0,25
4	UICYT-C-004	173,30	4,25	0,00
5	UICYT-C-005	1022,30	4,50	0,25
6	UICYT-C-006	404,30	0,25	0,00
7	UICYT-C-007	664,00	6,25	0,00
8	UICYT-C-008	639,00	10,25	1,00
9	UICYT-C-009	426,50	1,50	1,50
10	UICYT-C-011	732,00	3,50	0,00
11	UICYT-C-012	913,00	4,75	2,25
12	UICYT-C-013	476,80	4,00	0,50
13	UICYT-C-014	450,00	8,50	0,25
14	UICYT-C-015	133,50	4,25	0,25
15	UICYT-C-016	333,30	4,00	1,25
16	UICYT-C-017	353,00	4,25	3,25
17	UICYT-C-018	416-5	3,50	0,50
18	UICYT-C-019	651,80	3,00	0,25
19	UICYT-C-020	734,30	3,00	0,75
20	UICYT-C-021	635,50	8,25	0,00
21	UICYT-C-023	897,00	3,00	0,25
22	UICYT-C-026	401,00	2,25	0,25
23	UICYT-C-029	1025,50	2,50	0,75
24	UICYT-C-030	194,50	3,50	0,00
25	UICYT-C-031	1084,50	2,75	1,00
26	UICYT-C-032	332,30	5,00	0,00
27	UICYT-C-033	1076,30	14,00	1,00
28	UICYT-C-034	597,00	12,75	0,50
29	UICYT-C-035	1039,30	14,50	0,25
30	UICYT-C-036	764,50	4,75	0,00

Continua.....

TRAT.	CLONES ELITES	RENDIMIENTO	NME	EB
31	UICYT-C-037	370,50	3,50	6,25
32	UICYT-C-038	99,50	0,00	0,50
33	UICYT-C-039	348,80	8,00	0,25
34	UICYT-C-040	196,50	0,50	6,75
35	UICYT-C-041	80,00	3,50	2,25
36	UICYT-C-042	338,50	2,00	0,75
37	UICYT-C-043	302,30	8,25	0,75
38	UICYT-C-044	77,80	0,50	0,50
39	UICYT-C-045	384,50	9,75	0,25
40	UICYT-C-046	323,30	4,50	0,00
41	UICYT-C-047	888,80	1,00	1,50
42	UICYT-C-048	95,50	1,50	0,25
43	UICYT-C-049	148,80	2,00	0,75
44	UICYT-C-050	435,80	4,50	0,75
45	UICYT-C-051	651,00	3,50	1,25
46	UICYT-C-052	122,30	1,25	0,25
47	UICYT-C-053	439,00	1,75	5,75
48	UICYT-C-054	57,80	1,25	0,25
49	UICYT-C-055	163,50	0,25	0,50
50	UICYT-C-056	396,80	2,25	0,50
51	UICYT-C-060	1072,00	6,75	0,25
52	UICYT-C-062	376,80	3,25	1,00
53	UICYT-C-064	55,50	0,75	0,50
54	UICYT-C-065	79,50	1,75	0,25
55	UICYT-C-066	185,30	2,50	0,50
56	UICYT-C-067	265,80	2,25	0,50
57	CCN-51	1687,50	12,25	0,25
58	CCN-51	1503,50	12,00	0,00
59	CCN-51	1213,30	13,50	0,50
60	CCN-51	1217,50	9,25	0,25
61	CCN-51	983,00	10,75	7,50
62	EET-103	756,80	10,50	12,00
63	EET-544	441,00	9,50	0,00
64	JHVH-10	898,80	8,75	0,25

UICYT: Unidad de investigación científica y tecnológica.

CCN: Colección central de Naranjal.

EET: Estación experimental tropical Pichilingue.

JHVH: Jehovah.

NME: Números de mazorcas enferma.

ENB: Numero de escoba de

3.1.4. Materiales de campo

- Tubos splendoff
- Pinza quirúrgica
- Etiquetas plásticas
- Tablero
- Plastilina
- Tachuelas

3.1.5. Materiales de oficina

- Hojas A4
- Lápices
- Borrador
- Carpetas

3.1.6. Equipos

- Balanza electrónica de precisión (mg)
- Cámara fotográfica
- Computadora portátil

3.1.7. Diseño experimental

Para el efecto de la presente investigación se aplicó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) conformado por 64 tratamientos. Para la determinar la compatibilidad genética de los clones se utilizaron dos repeticiones, con unidades experimentales conformadas por diez flores cada una. Mientras que para la caracterización de las flores de los clones compatibles se utilizaron cuatro repeticiones. En ambos casos para la comparación de las medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Rangos Múltiples de Duncam al 0.005%. Los esquemas de análisis de varianza y el modelo matemático se muestran a continuación.

Cuadro 5. Esquema de Análisis de Varianza ADEVA Caracterización de la Flor.

Fuentes de variación		Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	63
Bloques	(b -1)	3
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189
Total:	t x r-1	255

Cuadro 6. Esquema de Análisis de Varianza ADEVA Compatibilidad Genética.

Fuentes de variación		Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	63
Bloques	(b -1)	1
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	63
Total:	t x r-1	127

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = una observación del tratamiento i en el bloque j

μ = la media general del experimento

α_i = el efecto de los tratamientos

β_j = el efecto de los bloques

ε_{ij} = el efecto del error

3.1.8. Datos Registrados y Métodos de Evaluación

3.1.8.1. Auto compatibilidad (AC) y Hetero compatibilidad (HC)

Tanto auto compatibilidad como hetero compatibilidad se calculó el porcentaje de las flores, contando el número de aquellas prendidas y dividiendo para las diez flores consideradas en cada planta y multiplicado por 100.

3.1.8.2. Compatibilidad (CT) e incompatibilidad (ICT)

Se calculó de igual forma que las variables en cuanto con la diferencia que esta ocasión las flores prendidas resultaron de la suma del porcentaje de auto compatibilidad y hetero compatibilidad.

3.1.8.3. Longitud del pedúnculo

Para medir la longitud de pedículo desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos. Se utilizó a misma hoja milimetrada.

3.1.8.4. Longitud y Ancho del Sépalo (mm)

Para medir el largo y ancho del sépalo de cada flor, se separó de la flor y se midió utilizando papel milimetrado por simple observación.

3.1.8.5. Longitud y Ancho del Pétalo (mm)

El largo y ancho del pétalo se lo midió en la misma hoja milimetrada como el sépalo.

3.1.8.6. Longitud del Estaminoide (mm)

Para medir la longitud del estaminoide se lo midió con papel milimetrado

3.1.8.7. Longitud de pistilo (mm)

Para medir la longitud del pistilo se lo midió con papel milimetrado.

3.1.8.8. Peso de la Flor (gramos)

Se pesó diez flores enteras, con una balanza de precisión para luego extraer el promedio de este parámetro.

3.1.9. Manejo del Experimento

3.1.9.1. Podas de mantenimiento y sanitarias

Se realizaron podas de mantenimiento y sanitarias, con el objetivo de ayudar al desarrollo de las plantas eliminando ramas defectuosas, torcidas, bajas, sobrepuestas e infectadas con escoba. Además mensualmente se eliminó chupones. Las heridas se curaron con una pasta compuesta por cal y óxido de cobre en relación 1:3.

3.1.9.2. Fertilización

La fertilización se efectuó una fertilización convencional la entrada y otra a la salida de la época de lluviosa para efecto se aplicara 400g /año de 10-30-10.

3.1.9.3. Control de Malezas

El control de malezas se realizó en forma mecanizada con moto guadaña.

3.1.9.4. Riego

Se realizó riegos por gravedad durante la época seca para estimular la floración y la fructificación de las plantas de cacao.

3.1.9.5. Técnicas de Autopolinización

La técnica que se utilizó para polinizar las flores de un mismo clon fue manual o controlada, que consistió en cubrir los botones florales por medio de un tubo eplendoff transparente de 1 cm de diámetro por 4 cm de largo, que será seleccionadas por su mayor turgencia, de este modo garantiza que la flor será polinizada por insectos (polinizadores).

Cuando los botones estén completamente abiertos se comenzará a retirar los tubos de plásticos sin ocasionar daño a la flor, para realizar la polinización, se usara como herramienta principal, pinzas de metal que ayudan a sacar los estaminodios, estambres, pétalos y dejar libre el estigma de la flor, para posteriormente polinizar la flor donante; de este modo, se procederá a frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor, con un movimiento suave de abajo hacia arriba, hasta estar seguro de haber depositado suficiente polen en el órgano femenino .Posteriormente, se procederá a tapar la flor con el tubo de plástico . Esta actividad se realizará en horas de la mañana de 08h00 a 11h30 am. Y se determinaron por medio de:

FORMULA:

$$\frac{\text{Flores autofecundadas}}{\text{Total de flores polinizadas}} \times 100$$

3.1.9.6. Número e Identificación de Flores

Las flores polinizadas en el árbol madre, se identificarán utilizando alfileres, los cuales estarán en pequeñas etiquetas plásticas de diferentes colores que indicarán los datos referentes al clon y fecha de cruce.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 7 se muestran los promedios y coeficiente de variación de las variables Auto compatibilidad (AC) y hetero compatibilidad (HC) Compatibilidad (CT) e incompatibilidad (ICT) genética registrada en 64 clones elites de cacao. Finca experimental “La represa”, 2015.

4.1. Auto compatibilidad (AC) y hetero compatibilidad (HC)

El análisis de varianza (Cuadro 1 del Anexo) realizado a la variable AUTO compatibilidad mostró alta significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao UICYT-C-007, UICYT-C-009, UICYT-C-011, UICYT-C-012, UICYT-C-034, UICYT-C-035, UICYT-C-037, UICYT-C-038, UICYT-C-048, UICYT-C-060, UICYT-C-065, CCN-51, EET-544 y JHVH-10, con promedios del 100% de auto compatibilidad, se mostraron estadísticamente superiores a los demás, este promedio fue similar al obtenido por Noriega (2012) quien obtuvo 90% en el híbrido de cacao EET-544, en su trabajo de investigación titulado “determinación de habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)” de tipo nacional seleccionados por el INEAP en la estación experimental litoral sur (EELS) . El clon EET-103 resultó con el menor promedio, con el 55% de auto compatibilidad. El coeficiente de variación para esta variable fue del 18.3%.

Respecto a la variable Compatibilidad Cruzada, el análisis de varianza (Cuadro 2 del Anexo) mostró alta significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao UICYT-C-002, UICYT-C-007, UICYT-C-020, UICYT-C-029, UICYT-C-030, UICYT-C-031, UICYT-C-032, UICYT-C-035, UICYT-C-055, UICYT-C-066, CCN-51 con promedios del 100% de compatibilidad cruzada, este valor fue inferior a lo citado por Mazeira (2013) quien obtuvo un 43% de flores q fecundaron y un 57% de flores que no llegaron a fecundar con un estudio realizado en compatibilidad genética en arboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo nacional in situ en la zona de valencia durante la época seca. El clon UICYT-C-065 resultó con el menor promedio, con el 63.35% de compatibilidad cruzada. El coeficiente de variación para esta variable fue del 16.68%.

4.2. Compatibilidad (CT) e incompatibilidad (ICT)

El análisis de varianza (Cuadro 3 del Anexo) realizado a la variable COMPATIBILIDAD mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao UICYT-C-035 y CCN-51, obtuvieron resultados con promedios del 100% de compatibles, se mostraron estadísticamente superiores a los demás este fue menor a lo obtenido por Vera (1969) citado por Zambrano (2000) quien obtuvo un promedio de compatibilidad del 60% con un tema titulado Estudio de la compatibilidad en híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). El clon EET-103 resultó con el menor promedio, con el 65.00% de compatibilidad genética. El coeficiente de variación para esta variable fue del 11.74%.

El análisis de varianza (Cuadro 4 del Anexo) realizado a la variable INCOMPATIBILIDAD mostró (alta) significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao EET-103, obtuvieron resultados con promedios del 35.01% este promedio fue inferior al registrado por Quiroz (1992) quienes evaluaron EET-95 quien obtuvieron un valor del 100% de incompatibilidad con un tema titulado. Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) se mostraron estadísticamente superiores a los demás. El clon UICYT-C-035 y CCN-51 resultó con el menor promedio, con el 0% de incompatibilidad genética. El coeficiente de variación para esta variable fue del 11.74%.

Cuadro 7 Promedios de las variables Auto compatibilidad (AC), Hetero compatibilidad (HC), Compatibilidad (CT) e Incompatibilidad (ICT) genética registrada en 64 clones élitos de cacao. Finca experimental "La Represa", 2015

TRAT.	CLONES ELITES	AC		HC		CT		ICT	
1	UICYT-C-001	87.50	ab	87.50	ab	87.50	abcd	12.50	Abcd
2	UICYT-C-002	73.34	ab	100.00	a	86.67	abcd	13.34	Abcd
3	UICYT-C-003	73.34	ab	82.86	ab	78.10	abcd	21.91	Abcd
4	UICYT-C-004	100.00	a	92.86	ab	96.43	ab	3.58	Cd
5	UICYT-C-005	83.34	ab	92.86	ab	88.10	abcd	11.91	abcd
6	UICYT-C-006	70.00	ab	92.86	ab	81.25	abcd	18.58	abcd
7	UICYT-C-007	83.34	ab	100.00	a	91.67	abc	8.34	bcd
8	UICYT-C-008	73.34	ab	90.00	ab	81.67	abcd	18.34	abcd
9	UICYT-C-009	100.00	a	75.00	ab	87.50	abcd	12.50	abcd
10	UICYT-C-011	100.00	a	91.67	ab	95.84	abc	4.17	bcd
11	UICYT-C-012	100.00	a	90.00	ab	95.00	abc	5.00	bcd
12	UICYT-C-013	70.00	ab	75.00	ab	72.50	bcd	27.50	abc
13	UICYT-C-014	87.50	ab	73.34	ab	80.42	abcd	19.59	abcd
14	UICYT-C-015	100.00	a	90.00	ab	95.00	abc	5.00	bcd
15	UICYT-C-016	80.00	ab	80.00	ab	80.00	abcd	20.00	abcd
16	UICYT-C-017	66.69	ab	80.00	ab	73.34	bcd	26.66	abc
17	UICYT-C-018	90.00	ab	77.50	ab	83.75	abcd	16.25	abcd
18	UICYT-C-019	90.00	ab	77.50	ab	83.75	abcd	16.25	abcd
19	UICYT-C-020	87.50	ab	100.00	a	93.75	abc	6.25	bcd
20	UICYT-C-021	80.00	ab	65.00	ab	72.50	bcd	27.50	abc
21	UICYT-C-023	91.67	ab	93.75	ab	92.71	abc	7.29	bcd
22	UICYT-C-026	83.34	ab	81.25	ab	82.29	abcd	17.71	abcd
23	UICYT-C-029	90.00	ab	100.00	a	95.00	abc	5.00	bcd
24	UICYT-C-030	90.00	ab	100.00	a	95.00	abc	5.00	bcd
25	UICYT-C-031	75.00	ab	100.00	a	87.50	abcd	12.51	abcd
26	UICYT-C-032	87.50	ab	100.00	a	93.75	abc	6.25	bcd
27	UICYT-C-033	90.00	ab	77.50	ab	83.75	abcd	16.25	abcd
28	UICYT-C-034	100.00	a	70.00	ab	85.00	abcd	15.00	abcd
29	UICYT-C-035	100.00	a	100.00	a	100.00	a	0.00	d
30	UICYT-C-036	83.34	ab	83.34	ab	83.33	abcd	16.67	abcd
31	UICYT-C-037	100.00	a	73.34	ab	86.67	abcd	13.34	abcd
32	UICYT-C-038	100.00	a	77.50	ab	88.75	abcd	11.25	abcd
33	UICYT-C-039	75.00	ab	83.34	ab	79.17	abcd	20.84	abcd

Continúa...

TRAT.	CLONES ELITES	AC	HC	CT	ICT
34	UICYT-C-040	90.00 ab	75.00 ab	82.50 abcd	17.50 abcd
35	UICYT-C-041	66.67 ab	75.00 ab	70.84 cd	29.17 ab
36	UICYT-C-042	91.67 ab	92.86 ab	92.71 abc	7.74 bcd
37	UICYT-C-043	90.00 ab	75.00 ab	82.50 abcd	17.50 abcd
38	UICYT-C-044	87.50 ab	79.17 ab	83.34 abcd	16.67 abcd
39	UICYT-C-045	80.00 ab	87.50 ab	83.75 abcd	16.25 abcd
40	UICYT-C-046	75.00 ab	90.00 ab	82.50 abcd	17.50 abcd
41	UICYT-C-047	83.34 ab	90.00 ab	86.67 abcd	13.34 abcd
42	UICYT-C-048	100.00 a	90.00 ab	95.00 abc	5.00 bcd
43	UICYT-C-049	91.67 ab	91.67 ab	91.67 abc	8.34 bcd
44	UICYT-C-050	91.67 ab	91.67 ab	91.67 abc	8.34 bcd
45	UICYT-C-051	83.34 ab	70.84 ab	77.09 abcd	22.92 abcd
46	UICYT-C-052	90.00 ab	91.67 ab	90.84 abc	9.17 bcd
47	UICYT-C-053	79.17 ab	83.34 ab	81.25 abcd	18.75 abcd
48	UICYT-C-054	75.00 ab	92.86 ab	83.93 abcd	16.08 abcd
49	UICYT-C-055	87.50 ab	100.00 a	93.75 abc	6.25 bcd
50	UICYT-C-056	90.00 ab	75.00 ab	82.50 abcd	17.50 abcd
51	UICYT-C-060	100.00 a	83.34 ab	91.67 abc	8.34 bcd
52	UICYT-C-062	90.00 ab	90.00 ab	90.00 abcd	10.00 abcd
53	UICYT-C-064	90.00 ab	65.00 ab	77.50 abcd	22.5 abcd
54	UICYT-C-065	100.00 a	63.34 b	81.67 abcd	18.34 abcd
55	UICYT-C-066	90.00 ab	100.00 a	95.00 abc	5.00 bcd
56	UICYT-C-067	75.00 ab	83.34 ab	79.17 abcd	20.84 abcd
57	CCN-51	100.00 a	91.67 ab	95.84 abc	4.17 bcd
58	CCN-51	83.34 ab	71.67 ab	77.50 abcd	22.50 abcd
59	CCN-51	90.00 ab	100.00 a	95.00 abc	5.00 bcd
60	CCN-51	75.00 ab	100.00 a	87.50 abcd	12.50 abcd
61	CCN-51	100.00 a	100.00 a	100.00 a	0.00 d
62	EET-103	55.00 b	75.00 ab	65.00 d	35.01 a
63	EET-544	100.00 a	87.50 ab	93.75 abc	6.25 bcd
64	JHVH-10	100.00 a	77.50 ab	88.75 abcd	11.25 abcd
	X	86.91	85.84	86.37	13.62
	CV %	18.30	16.68	11.74	74.49

UICYT: Unidad de investigación científica y tecnológica.

CCN: Colección central de Naranjal.

EET: Estación experimental tropical Pichilingue.

JHVH: Jehovah.

NME: Números de mazorcas enferma.

ENB: Numero de escoba de br

En el cuadro 8 se muestran los promedios y coeficiente de variación de las variables Longitud del pedúnculo, Largo de sépalo, Ancho de sépalo, longitud de pétalo, Ancho de pétalo, Longitud de estaminoides, longitud del pistilo, Peso de la flor, genética registrada en 64 clones elites de cacao. Finca experi
“La represa”, 2015.

4.3. Longitud del pedúnculo.

El análisis de varianza (Cuadro 1 del Anexo) realizado a la variable morfológica de la flor, longitud del pedúnculo (mm) mostró (alta) significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que el clon de cacao, UICYT-C-001, con promedio de 18.00 mm se mostró estadísticamente superior a los demás, este valor fue superior a lo obtenido por Goltla y Jaffe (1997), citado por Laje (2012) quienes manifiestan que el pedúnculo de la flor de *Theobroma cacao* puede medir entre 6 y 12 mm, en un estudio titulado morfología comparativa de *Theobroma cacao*. El clon UICYT-C-004 resultó con el menor promedio, con el 12.5mm. El coeficiente de variación para esta variable fue del 14.2%.

4.4. Largo de sépalo.

Según el análisis de varianza (Cuadro 2 del Anexo) realizado a la variable de largo de sépalo (mm) mostró alta significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao, UICYT-C-001, con promedios del 8.00 mm, se mostró estadísticamente superior a los demás tratamientos, este valor estuvo dentro del rango obtenido por Goltla y Jaffe (1997), citado por Zambrano (2000) quienes manifiestan que el sépalo de la flor de *Theobroma cacao* puede medir entre 6-12 mm. El clones UICYT-C-053, resulto con el menor promedio de 5.50mm de largo del sépalo. El coeficiente de variación para esta variable fue del 14.3.

4.5. Ancho de sépalo.

Para la variable del ancho del sépalo (Cuadro 3 del Anexo) no mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao, la prueba de Duncan indicó que todos los clones presentaron igual ancho del sépalo el

promedio general de esta variable fue 2.60 mm este valor fue inferior al citado por Villegas y Astorga (2005) quienes manifiestan que el ancho del sépalo de la flor *Theobroma cacao* en un estudio titulado características morfológicas del cacao nacional puede medir aproximadamente 2,43mm . El coeficiente de variación para esta variable fue del 22%.

4.6. longitud de pétalo

Respecto a la variable longitud de pétalo (Cuadro 4 del Anexo) mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao, UICYT-C-007, UICYT-C-013, con promedios de 3.25 mm cada uno, se mostraron estadísticamente superiores a los demás Peña (2003) Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Puede medir entre 1.85 y 3.57mm. El clon UICYT-C-003, UICYT-C-023, UICYT-C-041, resultaron con el menor promedio de longitud de pétalo, de 2.75 mm cada uno. El coeficiente de variación para esta variable fue del 6.28%.

4.7. Ancho de pétalo

El análisis de varianza (Cuadro 5 del Anexo) en cuanto a la variable de ancho pétalo no mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao, la prueba de Duncan indicó que todos los clones presentaron igual longitud de pétalo el promedio general de esta variable fue 2.19mm este valor fue inferior a lo citado por Peña (2003) Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Puede medir entre 1,76 y 3,82. El coeficiente de variación para esta variable fue del 15.8%.

4.8. Longitud de estaminoides

Según el análisis de varianza (Cuadro 6 del Anexo) realizado a la variable longitud de estaminoides (mm) no mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que todos presentaron promedios estadísticamente iguales el promedio general de esta

variable fue de 5.25 mm valor que resulto inferior a lo obtenido por Villegas y Astorgo (2005), quienes manifiestan que el estaminoide de la flor de *Theobroma cacao* puede medir aproximadamente 7,64 mm, en un estudio titulado características morfológicas del cacao nacional. De igual manera lo indico Peña (2003) quien obtuvo un rango entre 4.55 y 7.93mm El coeficiente de variación para esta variable fue del 18.1%.

4.9. longitud del pistilo

El análisis de varianza (Cuadro 7 del Anexo) respecto a la variable de longitud del pistilo (mm) no mostró significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que todos los clones de cacao, se mostraron estadísticamente iguales el promedio general fue de 2.90mm el mismo que resulto superior a lo citado por Villegas y Astorgo (2005), quienes manifiestan que la longitud del pistilo de la flor de *Theobroma cacao* puede medir aproximadamente 2,20 mm. El coeficiente de variación para esta variable fue del 21%.

4.10. Peso de la flor

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 8 del Anexo) realizado a la variable de Peso de la flor en (g) mostró (alta) significancia estadística entre los tratamientos o clones de cacao. La prueba de Duncan indicó que los clones de cacao UICYT-C-044, UICYT-C-048, presentaron los mayores pesos de la flor en gramos, con promedios del 0.063525 y 0.063475 g, respectivamente estos promedios resultaron inferiores a los obtenidos por Laje (2013), quien mostro un peso 0.008mg de peso de la flor de los clones CCAT-46-57 y CCAT 29-04. Los clones UICYT-C-026, UICYT-C-040, resultaron con los menores promedios, del peso de la flor. El coeficiente de variación para esta variable fue del 16.27%.

Cuadro 8. Promedios de las variable, Long pedúnculo, Long sépalo, Ancho de sépalo, Long de pétalo, Ancho de pétalo, Long de estaminodios, Long pistilo, peso flor Compatibilidad e incompatibilidad genética registrada en 64 clones élites de cacao. Finca experimental "La Represa", 2015.

TRAT.	CLONES ELITES	LPEDUN	LONGSEP	ANCHSEP	LONGPT	ANCHPET	LONGESTAM	LONGPIST	PESOFLOR
1	UICYT-C-001	18.00 a	8.00 a	2.38 a	3.13 b	2.13 a	6.13 a	3.50 a	0.059475 ab
2	UICYT-C-002	14.25 abcd	6.75 abcde	2.38 a	3.00 abc	2.50 a	5.50 a	3.00 ab	0.04905 abc
3	UICYT-C-003	17.00 ab	7.75 ab	2.50 a	2.75 c	2.00 a	5.13 a	3.30 ab	0.0460 bc
4	UICYT-C-004	12.5 d	7.00 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.13 a	4.38 a	3.30 ab	0.051118 abc
5	UICYT-C-005	15.00 abcd	6.75 abcde	3.00 a	3.00 abc	2.00 a	5.50 a	3.30 ab	0.05060 abc
6	UICYT-C-006	16.75 abc	6.50 abcde	2.88 a	3.00 abc	2.00 a	5.00 a	2.50 ab	0.053925 abc
7	UICYT-C-007	16.25 abcd	5.88 De	2.13 a	3.25 a	2.00 a	5.00 a	2.75 ab	0.05105 abc
8	UICYT-C-008	13.50 bcd	7.00 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.13 a	5.75 a	3.30 ab	0.053818 abc
9	UICYT-C-009	14.50 abcd	6.75 abcde	2.38 a	3.00 abc	2.50 a	5.88 a	3.30 ab	0.0472 bc
10	UICYT-C-011	16.00 abcd	6.75 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.50 a	5.38 a	3.00 ab	0.05315 abc
11	UICYT-C-012	14.50 abcd	6.50 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.00 a	4.75 a	3.00 ab	0.05365 abc
12	UICYT-C-013	16.75 abc	7.25 abcd	2.50 a	3.25 a	2.25 a	5.25 a	3.00 ab	0.053993 abc
13	UICYT-C-014	16.25 abcd	6.88 abcde	2.63 a	2.88 bc	2.25 a	5.88 a	3.30 ab	0.057625 abc
14	UICYT-C-015	15.00 abcd	6.00 cde	2.38 a	3.00 abc	2.25 a	6.25 a	2.75 ab	0.053575 abc
15	UICYT-C-016	14.75 abcd	6.75 abcde	2.38 a	3.00 abc	2.25 a	5.00 a	2.50 ab	0.049625 abc
16	UICYT-C-017	15.00 abcd	5.88 de	2.50 a	3.00 abc	2.38 a	5.50 a	3.00 ab	0.051358 abc
17	UICYT-C-018	15.75 abcd	6.75 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.00 a	5.00 a	3.30 ab	0.052325 abc
18	UICYT-C-019	16.75 abc	6.25 bcde	2.63 a	3.00 abc	2.25 a	5.00 a	3.13 ab	0.049075 abc
19	UICYT-C-020	16.75 abc	7.25 abcd	2.50 a	3.00 abc	2.00 a	4.75 a	3.30 ab	0.052985 abc
20	UICYT-C-021	15.00 abcd	6.50 abcde	3.00 a	3.00 abc	2.13 a	6.25 a	3.30 ab	0.055383 abc
21	UICYT-C-023	14.25 abcd	5.88 de	2.50 a	2.75 c	2.00 a	6.00 a	3.30 ab	0.060375 ab
22	UICYT-C-026	14.75 abcd	6.38 bcde	2.80 a	2.88 bc	2.13 a	4.75 a	2.75 ab	0.04275 c

Continua.....

TRAT.	CLONES ELITES	LPEDUN	LONGSEP	ANCHSEP	LONGPT	ANCHPET	LONGESTAM	LONGPIST	PESOFLOR
23	UICYT-C-029	16.25 abcd	6.88 abcde	2.00 a	3.00 abc	2.00 a	5.00 a	3.30 ab	0.048125 abc
24	UICYT-C-030	14.75 abcd	6.25 bcde	2.63 a	3.00 abc	2.13 a	5.13 a	3.00 ab	0.05235 abc
25	UICYT-C-031	17.00 ab	7.00 abcde	2.60 a	3.00 abc	2.00 a	5.50 a	3.30 ab	0.0564 abc
26	UICYT-C-032	15.25 abcd	7.00 abcde	2.63 a	3.00 abc	2.25 a	5.25 a	2.50 ab	0.05214 abc
27	UICYT-C-033	16.25 abcd	7.00 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.00 a	5.50 a	3.00 ab	0.053323 abc
28	UICYT-C-034	13.67 bcd	7.00 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.00 a	5.25 a	3.13 ab	0.05334 abc
29	UICYT-C-035	13.25 bcd	6.25 bcde	3.00 a	2.93 abc	2.00 a	4.50 a	2.75 ab	0.052008 abc
30	UICYT-C-036	14.00 bcd	6.00 cde	2.80 a	3.00 abc	2.00 a	5.75 a	3.30 ab	0.052985 abc
31	UICYT-C-037	15.75 abcd	6.38 bcde	2.30 a	3.00 abc	2.13 a	5.00 a	2.50 ab	0.048983 abc
32	UICYT-C-038	14.25 abcd	6.25 bcde	3.00 a	3.00 abc	2.00 a	5.38 a	2.75 ab	0.054623 abc
33	UICYT-C-039	13.50 bcd	6.50 abcde	2.88 a	3.00 abc	2.00 a	5.25 a	3.00 ab	0.05430 abc
34	UICYT-C -040	13.75 bcd	6.00 cde	2.50 a	3.13 ab	2.25 a	5.00 a	3.13 ab	0.042850 c
35	UICYT-C-041	13.75 bcd	6.50 abcde	2.80 a	2.75 c	2.25 a	4.75 a	3.00 ab	0.05440 abc
36	UICYT-C-042	14.00 bcd	6.75 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.13 a	5.25 a	3.00 ab	0.047968 abc
37	UICYT-C-043	14.50 abcd	5.88 de	2.88 a	3.13 ab	2.38 a	5.75 a	3.00 ab	0.059675 ab
38	UICYT-C-044	15.50 abcd	6.50 abcde	3.00 a	3.13 ab	2.13 a	5.50 a	3.00 ab	0.063525 a
39	UICYT-C-045	17.00 ab	6.25 bcde	2.50 a	3.13 ab	2.25 a	5.25 a	2.30 b	0.05505 abc
40	UICYT-C-046	15.41 abcd	7.00 abcde	3.00 a	3.00 abc	2.38 a	5.75 a	3.50 a	0.059208 ab
41	UICYT-C-047	15.50 abcd	6.38 bcde	2.80 a	3.00 abc	2.38 a	4.75 a	2.50 ab	0.05780 abc
42	UICYT-C-048	14.75 abcd	6.50 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.38 a	5.00 a	2.88 ab	0.063475 a
43	UICYT-C-049	13.25 bcd	6.25 bcde	2.63 a	3.00 abc	2.13 a	5.25 a	2.75 ab	0.05365 abc
44	UICYT-C-050	15.25 abcd	6.75 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.63 a	5.50 a	3.13 ab	0.048913 abc
45	UICYT-C-051	14.25 abcd	5.88 de	2.50 a	3.13 ab	2.00 a	5.00 a	2.50 ab	0.051125 abc
46	UICYT-C-052	15.00 abcd	6.00 cde	2.50 a	3.00 abc	2.50 a	5.50 a	2.88 ab	0.056475 abc
47	UICYT-C-053	14.25 abcd	5.50 e	2.80 a	3.13 ab	2.38 a	5.00 a	3.30 ab	0.055825 abc
48	UICYT-C-054	13.50 bcd	6.50 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.00 a	4.50 a	2.50 ab	0.05437 abc

Continúa.....

TRAT.	CLONES ELITES	LPEDUN	LONGSEP	ANCHSEP	LONGPT	ANCHPET	LONGESTAM	LONGPIST	PESOFLOR
49	UICYT-C-055	14.75 abcd	5.88 de	2.00 a	3.00 abc	2.25 a	5.75 a	3.00 ab	0.04630 bc
50	UICYT-C-56	14.25 abcd	7.25 abcd	2.80 a	3.00 abc	2.50 a	5.00 a	2.63 ab	0.05097 abc
51	UICYT-C-060	15.50 abcd	6.50 abcde	2.50 a	3.00 abc	2.25 a	4.75 a	2.38 b	0.05055 abc
52	UICYT-C-062	13.00 cd	7.50 abc	2.50 a	3.00 abc	2.25 a	5.63 a	2.50 ab	0.059233 ab
53	UICYT-C-064	15.00 abcd	5.88 de	2.88 a	3.13 ab	2.38 a	5.00 a	2.63 ab	0.05365 abc
54	UICYT-C-065	14.00 bcd	7.00 abcde	2.80 a	3.00 abc	2.13 a	5.00 a	2.50 ab	0.05310 abc
55	UICYT-C-066	13.00 cd	6.25 bcde	2.50 a	3.00 abc	2.38 a	4.75 a	2.75 ab	0.05055 abc
56	UICYT-C-067	13.50 bcd	6.50 abcde	2.38 a	2.88 bc	2.25 a	5.25 a	3.00 ab	0.04680 bc
57	CCN-51	15.75 abcd	6.38 bcde	2.50 a	3.13 ab	2.13 a	5.88 a	3.00 ab	0.056433 abc
58	CCN-51	14.25 abcd	6.25 bcde	2.80 a	3.00 abc	2.38 a	5.25 a	2.75 ab	0.054935 abc
59	CCN-51	15.25 abcd	6.50 abcde	2.50 a	3.13 ab	2.13 a	5.50 a	2.75 ab	0.057793 abc
60	CCN-51	13.00 cd	5.88 de	2.63 a	3.00 abc	2.25 a	5.50 a	2.50 ab	0.053993 abc
61	CCN-51	14.50 abcd	6.63 abcde	2.63 a	3.00 abc	2.50 a	5.25 a	3.13 ab	0.055993 abc
62	EET-103	14.25 abcd	6.75 abcde	2.30 a	3.00 abc	2.25 a	5.00 a	3.00 ab	0.05608 abc
63	EET-544	14.25 abcd	6.00 cde	2.50 a	3.00 abc	2.00 a	4.38 a	3.00 ab	0.05468 abc
64	JHVH-10	15.00 abcd	6.50 abcde	2.30 a	2.88 bc	2.13 a	5.00 a	3.00 ab	0.050758 abc
	X	14.87	6.51	2.60	3.00	2.19	5.25	2.90	53.13
	CV %	14.20	13.40	22.00	6.28	15.8	18.10	21	16.27

UICYT: Unidad de investigación científica y tecnológica.

CCN: Colección central de Naranjal.

EET: Estación experimental tropical Pichilingue.

JHVH: Jehovah.

NME: Números de mazorcas enferma.

ENB: Numero de escoba de bruja

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la población de 64 clones elites de cacao evaluados existen un 40% de genotipos que son compatibles genéticamente, del cual el 21,87% en 14 clones UICYT-C-007, UICYT-C-009, UICYT-C-011, UICYT-C-034, UICYT-C-035, UICYT-C-037, UICYT-C-038, UICYT-C-048, UICYT-C-048, UICYT-C-060, UICYT-C-061, UICYT-C-051, EET-544, JHVH-10, resultaron auto compatibles y el restante 18.75% que fueron UICYT-C-002, UICYT-C-007, UICYT-C-020, UICYT-C-029, UICYT-C-030, UICYT-C-031, UICYT-C-032, UICYT-C-035, UICYT-C-055, UICYT-C-066, UICYT-C-051, CCN-51, fueron hetero compatible, lo que permite avanzar un futuro prometedor en cuanto a lo obtenido de nuevos clones de cacao en el área del mejoramiento genético.
- El clon de cacao EET-103 lidero entre el 60% de clones elites incompatibles con más alto porcentaje de incompatibilidad, posiblemente esto se atribuye que este genotipo tiene una compatibilidad cruzada y su mejor desempeño es como monocultivo en plantaciones comerciales.
- La auto compatibilidad mostrada en los 14 clones en parte estuvo influenciada por el tamaño de su órgano florales, como el pedúnculo, sépalos, pétalos, estaminoides y pistilos que facilitan la fecundación de las flores realizadas por agentes polinizadores.

5.2. Recomendaciones

- Involucrar aquellas clones elites de cacao auto compatibles UICYT-C-007, UICYT-C-009, UICYT-C-011, UICYT-C-034, UICYT-C-035, UICYT-C-037, UICYT-C-038, UICYT-C-048, UICYT-C-048, UICYT-C-060, UICYT-C-061, UICYT-C-051, EET-544, JHVH-10, en futuros programas de mejoramiento genético, para su protección, selección y liberación como clones comerciales.
- Realizar un estudio de agentes polinizadores que intervienen en la fecundación del cacao utilizando estos clones como material genético.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

- Anecacao (2013). Cacao CCN 51. <http://www.anecacao.com/es/cacao-ccn-51/>.
- Arciniegas, A. (2005). Caracterización de árboles superiores de cacao (*Thebroma cacao* L.) seleccionados por el Programa de Mejoramiento Genético del CATIE. Tesis de Magíster Scientiae, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación, Turrialba, Costa Rica.
- Arévalo, A. (1972). Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Magister Scientiae, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica.
- Ayala, M. (2008). Manejo Integrado de Moniliasis (*Theobroma cacao* L. Mediante el Uso de Fungicidas, Combinado con Labores Culturales. Guayaquil.
- Batista. (2009). Guía Técnica, El Cultivo de Cacao. 64-65-66-67.
- Borbor, F., & Vera, M. (2007). Manual del cultivo de Cacao para Productores. Guayaquil, Ecuador: CORPEI-ANECACAO.
- Cadavid, S. (2006) Características de compatibilidad sexual de algunos clones de cacao y su aplicación en siembras comerciales. Resumen Técnico. Disponible en: (En línea). Medellín - Colombia. Compañía Nacional de Chocolates S.A. http://www.chocolates.com.co/sites/default/files/caracteristica_de_compatibilidad_sexual..pdf Consultado el 03 Abril de 2015.
- Córdoba (2011). Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción en Bocas del Toro, Panamá. Tesis Magister

Scientiae en Agricultura Ecológica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado, Turrialba, Costa Rica.

Cuevas, & Hoyer (2009). El cacao, alimento de los dioses.

Departamento Agrometeorológico del INIAP (2010-2015). Información Agrometeorológica de la Finca Experimental "La María". Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador.

Enríquez (1986). Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba.

Enríquez (2004). Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Enríquez, G. (1970). La Incompatibilidad en el cacao. Boletín Divulgativo EET/70-05, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Flores, E. (2012). evaluación y selección de árboles élites como una alternativa al fortalecimiento de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la finca experimental "la represa".

Graziani, L., Ortiz, L., & Angulo, J. (2002). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, venezuela. Scielo, 2-3.

Goitla, W. Klaus, J (2015) Morfología comparativa de la flores de *Theobroma cacao* L., *T. bicolor* Humb. & Bonpl., *T. grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum. Y *Herrania* sp. 1997. (En línea). Venezuela. Resumen Técnico. Disponible en: <http://atta.labb.usb.ve/Klaus/art107.pdf> Consultado el 03 Abril de 2015.

- Hipernova. (2012). El cacao: plantaciones, producción, polinización, plagas, variedades, composición y efectos del cacao.
- INTA (2009) Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao. (En línea). Nicaragua. Disponible en: http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_Gui_cacao_INTA_Nicaragua_2010.pdf Consultado el 03 Abril de 2015.
- Jiménez, K., & Cruz, F. (2011). Incompatibilidad sexual, un mecanismo genético que evita la autofecundación y contribuye a la diversidad vegetal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(1), 1-9.
- Laje, O. (2013). Evaluación de la Autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en el Litoral ecuatoriano.
- Landeta, A., Coronel, J., & Bastidas, G. (2009). Principales Procesos Tecnológicos, Organizacionales y Jurídicos para establecer La Denominación de Origen del Cacao Nacional Fino y de Aroma. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro de Investigación Científica y Tecnológica. Guayaquil-Ecuador: ESPOL-CICYT.
- López y Navia (2012). Evaluación productiva de once clones de cacao (*theobroma cacao* L.) del banco de germoplasmas mico de la carrera de agricultura de la ESPAM MFL.
- MAGAP (2013). Produccion de cacao fino de aroma en el Ecuador en el año 2013. p. 4.
- Martínez, A., Narváez, Z., & Gustavo, S. (2000). Mosquitas polinizadoras (Diptera: Ceratopogonidae) del cacao colectadas en comunidades Piaroa en Amazonas, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.*, 15(2), 249-253.
- Mavisoy, K., Cabezas, S., Ballesteros, W., & Somarriba, E. (2013). Evaluación de la abundancia de Ceratopogonidos (Díptera) polinizadores de cacao

(*Theobroma cacao* L.) en la hojarasca de 7 árboles de sombra, Talamanca-Costa Rica. Tesis Ingeniero Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Talamanca, Costa Rica.

Mazeira (2013) .Compatibilidad genética en arboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional in situ en la zona de valencia durante la época seca.

Mora, D.; Gonzales, M. (1996) Variedad floral de cuatro especies de Stanhopea (Orchidaceae). (En línea). San José – Costa Rica. Resumen Tecnico. Disponible en: http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol44-2A/20_Mora_Stanhopea.pdf Consultado el 03 Abril de 2015.

Montoya, W. (2012). Salon internacional del cacao y chocolate. EL Agro, 1-2.

Navarro, M., & Mendoza, I. (2006). Cultivo de cacao en Sistemas Agroforestales. Guía Técnica para promotores. Río San Juan, Nicaragua: ProDeSoc.

Noriega, C. (2012). Determinación de la habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo Nacional seleccionados por el INIAP en la Estación Experimental Litoral Sur (EELS). Tesis Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Ejercito, Departamento de Ciencias de la Vida, Santo Domingo.

Omaña, D. (2009). Puro cacao.

Oshiro, J., & Alvarado, V. (2008). Estudio de caracterizacion del potencial genetico del cacao en el Peru. M&O, Consultores.

Peña (2003) Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Pérez, J. (2009). Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Tesis de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado, Turrialba, Costa Rica.

- Quinaluisa (2010). Estudio de la compatibilidad de arboles seleccionados por productividad y sanidad en un grupo de progenies híbridas provenientes de cruces entre cacao nacional y otros orígenes genéticos.
- Quiroz, J., Vera, J., & Enríquez, G. (1992). Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Boletín Técnico No. 71, INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador.
- Ruiz, X. (2014). Diversidad genética de cacao *Theobroma cacao* L. con marcadores moleculares microsatélites. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Palmira, Colombia.
- Sánchez, P., Girón, C., Morillo, F., Valera, A., González, R., Muñoz, W., & García, P. (2014). Bondades de la Polinización Manual en la Producción de Cacao. Gobierno Bolivariano de Venezuela, Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Retrieved from <http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/noperiodicas/pdf/Polinizacion%20de%20semillas%20cacao.pdf>
- Scheltema, T. (1989). La auto-incompatibilidad en los híbridos de cacao del CATIE. Un estudio en la finca "La Lola", zona Atlántica de Costa Rica. Field Reports No. 43, CATIE, Atlantic Zone Programme, Turrialba, Costa Rica.
- Somarriba, E; Cerda, F; Astorga, C; Quesada, F; Vásquez, N;. (2010). Reproducción sexual del cacao. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Soria, J. (2000). Breve Historia del Cultivo de Cacao en el Ecuador.

- Terreros, J., Chávarro, G., & Ocampo, F. (1976). Determinación de los genotipos de incompatibilidad o compatibilidad en varios clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 26(3-4), 70-75.
- Tovar, G., Ortíz, V., Rodríguez, J., & Ortíz, M. (1991). Capítulo VI. Estudio del comportamiento de la brotación foliar, la floración y la fructificación del cacao. *Agronomía Colombiana*, 8(1), 95-104.
- USDA. (2009). Propagación del cacao, El cultivo del cacao". . Retrieved Enero 5, 2015, from Estación de Investigaciones en Agricultura Tropical del USDA-ARS.: www.chocolatecortes.com
- Villegas, R.; Astorga, C. (2005) Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. (En línea). Bolivia. Resumen Tecnico. Disponible en: http://worldcocoafoundation.org/wp-content/files_mf/villegas2005.pdf Consultado el 03 Abril de 2015.
- Waaijenberg, H (1989) La auto- incompatibilidad de los híbridos de cacao del Catie. (En línea). Turrialba – Costa Rica. CATIE. MAG. AUW. Resumen Tecnico. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A6808e/A6808e.pdf> Consultado el 03 Abril de 2015.
- worldstandards. (2014). Tipos de cacao. Retrieved from www.worldstandards.eu/chocolate%20-%20cacao.html
- Zambrano (2000) .Estudio de la compatibilidad en híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.)

CAPÍTULO VII
ANEXOS

ANEXOS

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable Autocompatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	14127.87	224.25	0.89	1.37	1.36
Bloques	(b -1)	1	349.86	349.86	1.38	3.99	7.10
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	63	15953.58	253.23			
Total:	t x r-1	127	30431.32				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable Hetero compatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	13847.02	219.79	1.07	1.37	1.36
Bloques	(b -1)	1	1179.52	1179.52	5.75	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	63	12922.06	205.11			
Total:	t x r-1	127	27948.6				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable Compatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	7201.28	114.3	1.11	1.37	1.36
Bloques	(b -1)	1	61.2	61.2	0.59	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	63	6489.31	103			
Total:	t x r-1	127	13751.79				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable Incompatibilidad de 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	7201.42	114.3	1.11	1.37	1.36
Bloques	(b -1)	1	61.21	61.21	0.59	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	63	6489.16	103			
Total:	t x r-1	127	13751.81				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable Longitud del pedúnculo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes variació	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	359.88	5.71	1.28	1.32	1.47**
Bloques	(b -1)	3	15.11	5.03	1.13	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	884.32	4.46			
Total:	t x r-1	255	1219.32				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable Longitud de sépalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015.

Fuentes variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	63.63	1.01	1.33	1.32	1.47
Bloques	(b -1)	3	2.01	0.67	0.89	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	143.54	0.75			
Total:	t x r-1	255	209.2				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 7. Análisis de varianza de la variable Ancho del sépalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	13.44	0.21	0.67	1.32	1.47 NS.
Bloques	(b -1)	3	3.13	1.04	3.29	2.6	3.78
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	60.05	0.31			
Total:	t x r-1	255	76.63				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable ancho de pétalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	2.13	0.03	1.01	1.32	1.47 NS
Bloques	(b -1)	3	0.18	0.06	1.71	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	6.75	0.03			
Total:	t x r-1	255	9.07				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 9. Análisis de varianza de la variable Largo pétalo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	7.48	0.11	1.01	1.32	1.47
Bloques	(b -1)	3	0.09	0.03	0.26	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	22.65	0.11			
Total:	t x r-1	255	30.23				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 10. Análisis de varianza de la variable Longitud del estaminoides, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	47.93	0.76	1.01	1.37	1.42
Bloques	(b -1)	3	3.29	1.09	1.21	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	171.27	0.9			
Total:	t x r-1	255	222.49				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable longitud de pistilo, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	21.85	0.34	0.93	1.32	1.47
Bloques	(b -1)	3	1.27	0.42	1.14	2.6	3.78
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	70.6	0.37			
Total:	t x r-1	255	93.73				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable peso de la flor, registrado en los 64 clones élites de cacao. Finca "La Represa", 2015.

Fuentes de variación	de	GL	SC	CM	FC	F T	
						5%	1%
Tratamientos	(t-1)	63	4600.14	13.01	1.01	1.32	1.47
Bloques	(b -1)	3	73.07	24.35	0.33	3.99	7.05
Error Experimental	(t - 1) (b-1)	189	14136.7	74.79			
Total:	t x r-1	255	18809.9				

^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001

Cuadro 13. Cronograma de actividades de la investigación

Actividades	Meses 2014-2015						
	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Revisión bibliográfica	X	X					
Elaboración del perfil del proyecto	X	X					
Adecuación de materiales y equipos			X				
Labores de acondicionamiento en campo							
Selección y aislamiento de flores							
Polinización de flores aisladas		X					
Evaluación efectividad de polinización			X				
Análisis de las variables de flores		X					
Tabulación de datos			X				
Análisis y procesamiento de resultados				X	X		
Redacción de documento final y presentación de resultados					X		
Susentación de la tesis							X

Cuadro 14. Presupuesto estimado para seis meses de duración de la investigación

CANTIDAD	Detalles	C/U\$	C/T\$
100	Tubos splendof	15.00	15.00
1	Pinza emasculadora	4.50	4.50
3	Plastilina (cajas)	2.00	6.00
10	Fundas plasticas	0,25	2.50
1	Alfileres (caja)	1.00	1.00
1000	Copias	0.03	30.00
2	Anillados	1.00	2.00
32	Movilización	2.00	80.00
4	Empastes de tesis	10.00	40.00
	TOTAL		181.00

Figura 1. Esquema de campo experimental de los clones de cacao en Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014 - 2015.

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

1	9	17	25	33	41	49	57
2	10	18	26	34	42	50	58
3	11	19	27	35	43	51	59
4	12	20	28	36	44	52	60
5	13	21	29	37	45	53	61
6	14	22	30	38	46	54	62
7	15	23	31	39	47	55	63
8	16	24	32	40	48	56	64

1	10	19	28	37	46	55	64
9	2	51	44	61	30	23	40
17	50	3	36	29	62	15	48
25	42	35	4	21	14	63	56
33	58	27	20	5	54	47	16
41	26	59	12	53	6	39	24
49	18	11	60	45	38	7	32
57	34	43	52	13	22	31	8

1	18	27	44	13	62	39	56
17	2	35	60	53	46	31	16
25	34	3	12	45	54	23	64
41	58	11	4	29	22	55	40
9	50	43	28	5	38	63	24
57	42	51	20	37	6	15	32
33	26	19	52	61	14	7	48
49	10	59	36	21	30	47	8



Figura 2. Suministro de agua por medio de surcos a los clones de cacao Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015.



Figura 3. Poda de mantenimiento realizada con podadora aérea Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015.



Figura 4. Botones florales de los clones de cacao para realizar la polinización. Finca Experimental “La Represa” UTEQ Quevedo, Los Ríos, 2014-2015.



Figura 5. Polinización manual. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015



Figura 6. Clones de cacao ya polinizadas. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015



Figura 7. Clones de cacao emitiendo mazorcas Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015



Figura 8. Toma y registros de datos. Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015.



Figura 9. Mediciones de flores (mm). Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015



Figura 10. Pesos de flores en (g). Finca Experimental “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2014-2015