



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

**TITULO:**

Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional *in situ* en la zona de Valencia durante la época seca 2013

**AUTOR:**

FREDDY EDUARDO MAZEIRA HERRERA

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. Agr. M. Sc. Francisco Coello Díaz

**QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR**

**2013**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROPECUARIO

**TITULO DE LA TESIS**

Compatibilidad genética en árboles de cacao (***Theobroma cacao***  
L.) tipo Nacional *in situ* en la zona de Valencia durante la época  
seca 2013

**APROBADA POR:**

Ing. Agr. M. Sc. Francisco Coello D. ....

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Agr. M. Sc. Wilfrido Escobar P. ....

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. M. Sc. Gerardo Segovia F. ....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. M. Sc. Rommel Ramos R. ....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

# CERTIFICACIÓN

Ing. Agr. M. Sc. Francisco Coello Díaz, docente de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

**CERTIFICO:** Que el egresado **Freddy Eduardo Mazeira Herrera**, realizó la investigación de la tesis de grado titulada. “Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo Nacional *in situ* en la zona de Valencia durante la época seca 2013 ”. , bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

.....  
Ing. Agr. M. Sc. Francisco Coello D.

**DIRECTOR DE TESIS**

Yo, Freddy Eduardo Mazeira Herrera, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Quevedo, 28 de enero de 2014

**FREDDY E. MAZEIRA HERRERA**

# AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mis más sinceros agradecimientos a cada una de las personas que de una u otra manera colaboraron en mi formación como estudiante y en la culminación de la presente investigación, a la U.T.E.Q. a la estación experimental Pichelingue (INIAP), al GAD de Valencia por las facilidades brindadas.

Por su permanente entusiasmo de colaboración y por sus notables sugerencias hechas con fervor profesional al *Ing. Agr. M. Sc. Francisco Coello*.

Al *ing. Agr. M. Sc. Jaime Vera B.*, por su inagotable disposición de poner al servicio su acicalada experiencia, para la elaboración del presente trabajo.

A los *Ing. Agr. M. Sc. Wilfrido Escobar, Ing. Agr. M. Sc. Gerardo Segovia, Ing. Agr. M. Sc. Rommel Ramos*. Por obsequiar un espacio de su tiempo y realizar una valiosa revisión del presente trabajo.

Al *Ing. Agr. M. Sc. Manuel Moreira D.* Director de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria.

Con mucho amor a toda *mi familia* ya que de diversas formas han sabido regalarme el ánimo y seguridad de continuar adelante.

Un agradecimiento muy especial a todos *mis amigos y compañeros* de aula por todos esos momentos que compartimos, nos comprendimos y nos dimos fuerza para salir adelante en nuestra etapa estudiantil

Sobre todo *Dios Padre* por haber puesto en mi sendero a estas lucidas personalidades y haberme permitido una familia que no me ha dado la espalda en los momentos más duros.

**FREDDY E. MAZEIRA HERRERA**

# **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a Dios por haber iluminado mi pensamiento y haberme dado fuerzas para salir adelante en mis momentos difíciles y con el más profundo sentimiento a mis queridos padres Sr. Jesús Mazeira Zambrano y Sra. Liliana Herrera de Mazeira, por guiarme siempre y ser la bendición de Dios.

**FREDDY E. MAZEIRA HERRERA**

# INDICE

<b>CAPITULO I</b>	<b>Pág.</b>
1 Introducción.....	1
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.2.3 Hipótesis.....	4
 <b>CAPITULO II</b>	
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Caco fino de aroma.....	5
2.2 Biología floral.....	7
2.3 Incompatibilidad.....	9
2.4 Sistemas de incompatibilidad.....	11
 <b>CAPITULO III</b>	
3. Metodología de la investigación.....	13
3.1 Localización del experimento.....	13
3.2 Unidad experimental.....	13
3.3 Materiales de campo.....	14
3.4 Materiales de oficina.....	14
3.5 Factor a estudio.....	15
3.5.1 Tratamientos.....	15
3.6 Manejo del experimento.....	15
3.6.1 Identificación de los arboles.....	15
3.6.2 Autopolinización de las flores.....	15
3.6.3 Cruce artificial entre grupos.....	15
3.7 Manejo de la autopolinización.....	16
3.7.1 Primer aislamiento.....	16
3.7.2 Fecundación.....	16

3.7.3 Segundo aislamiento.....	16
3.7.4 Conteo.....	17
3.8 Método de evaluación.....	17
3.8.1 Análisis estadístico.....	17

#### **CAPITULO IV**

4 Resultados y discusiones.....	18
4.1 Compatibilidad.....	18
4.1.2 Autocompatibilidad.....	19
4.1.2. Método de Sturges.....	19
4.1.3. Intervalo de confianza.....	23
4.1.4. Polinización cruzada.....	24
4.2. Discusión.....	26

#### **CAPITULO V**

5.1 Conclusiones.....	28
5.2. Recomendaciones.....	29
6. Resumen.....	30
7. Summary.....	31

#### **CAPITULO VI**

8. Bibliografía.....	32
----------------------	----

#### **CAPITULO VII**

9. Anexos.....	34
----------------	----

## INDICE DE CUADROS

**CUADRO 1.** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia de los árboles que resultaron autocompatibles .....20

**CUADRO2.** Prueba de t para observaciones pareadas entre arboles autocompatibles versus los arboles autoimcompatibles en base a las flores prendidas.....21

**CUADRO 3.** Límite de confianza para arboles autocompatibles de las flores prendidas.....22

**CUADRO 4.** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia del cruce entre los grupos de árboles autocompatibles y autoimcompatibles.....25

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Porcentaje de árboles que resultaron autocompatibles y autoincompatibles tras la realización de la autopolinización.....18

**FIGURA2.** Porcentaje de flores que fecundaron y que no fecundaron tras la polinización en el grupo de árboles autocompatibles.....23

**FIGURA 3.** Porcentaje de fecundación en la polinización cruzada.....24

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

### I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*) representa el tercer rubro de exportación agrícola del país y constituye una fuente de ingreso para más de un centenar de pequeñas familias de agricultores cacaoteros de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, El Oro y de la Amazonía también **(Montoya, 2011)**

En el Ecuador la producción de cacao de acuerdo al último censo agropecuario del 2000 se cultivan 243.146 ha de cacao como monocultivo, con 58.466 unidades de producción o fincas cacaoteras, la Provincia de Los Ríos es la que más cultiva cacao solo con un promedio de 4,27 ha. En el cacao asociado es la segunda más importante con un promedio de 5,8 ha. La producción de cacao en Ecuador puede ser modificada por diferentes factores solos o combinados, entre ellos están: suelo, patógenos, genético, medio ambiente, etc. **(Enríquez, 2004)**

Uno de los principales problemas genéticos que enfrenta la producción de cacao es la reducida formación de frutos en algunas plantaciones de cacao es la autoincompatibilidad debido a la presencia de barreras genéticas como las series alélicas de un solo gen (S) que impiden el proceso de fecundación normal de la flor.

El mismo autor afirma que el fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos sistemas heteromorfo y homomorfo. En el primer caso, se impiden la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femenina y masculinas, en el sistema homomorfo el impedimento de la fecundación se debe a factores genéticos y no morfológicas, este sistema a su vez puede ser gametofítico y esporofítico. **(Soria, 1970)**

El sistema gametofítico se caracteriza por la acción independiente, tanto en el estilo como en el polen, de los alelos pertenecientes al locus de la incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo.

El mismo autor afirma que el sistema esporofítico el cual se presenta en las plantas de cacao, se halla determinada por un solo locus con alelos múltiples y se encuentra determinado por el núcleo diploide del esporofito; en otras palabras el comportamiento de cada grano de polen o tubo polínico está dirigido y determinado por el genotipo diploide. **(Soria, 1970)**

La incompatibilidad se puede presentar de dos formas una de ellas es a autoincompatibilidad, por lo cual las flores de una misma planta no puede fertilizar sus propios óvulos, aunque la polinización haya sido realizada y la otra la incompatibilidad cruzada por lo cual algunas plantas no puede cruzarse con otras, por consiguiente, una planta puede estar en ambos grupos, o puede ser auto incompatible, pero compatible con otras. **(Soria, 1964) (Vera, 1969).**

Entonces la idea del proyecto fue evaluar la compatibilidad genética de los árboles de cacao de origen Nacional in situ en el cantón Valencia para determinar la autoincompatibilidad y la autocompatibilidad de los mismos, para así lograr el mejoramiento de la productividad de este cultivo, mediante el uso de técnicas de producción.

## 1.1 Justificación

Por el problema antes expuesto se justifica el presente estudio con el propósito de conocer la incompatibilidad y compatibilidad sexual de la planta de cacao tipo Nacional, para de esta manera mejorar y aumentar la producción de esta variedad tradicional porque no se ha realizado un estudio *in situ* como es la presencia de árboles incompatibles como una de las causas que influyen en los bajos rendimientos del cacao de origen Nacional, y que esta sea una medida para planificar procedimientos para superarlos.

La excelente calidad, el delicado aroma floral y el exquisito sabor “Arriba” son tres de las características que han catapultado al cacao tipo “Nacional” como el mejor del planeta, entonces este cultivo, va tomando cada vez más importancia, no solo por la cantidad de derivados que se obtiene y por qué la industria chocolatera ha puesto la mira en la calidad del cacao ecuatoriano.

Sino también por la cantidad de fuentes de empleo y de ingresos a pequeños y medianos productores. Porque la producción de cacao en el país se ha convertido en uno de los factores más destacados para las exportaciones agrícolas. **(Montoya, 2011)**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 General

Evaluar la compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tipo nacional *in situ* en la zona de valencia 2013

### 1.2.2 Específicos

- Determinar la autoincompatibilidad y la autocompatibilidad en arboles de cacao de tipo Nacional.
  
- Establecer la existencia de compatibilidad cruzada en dicho cultivo.

## 1.3 HIPOTESIS

**H1:** Al menos 10% de árboles de cacao tipo nacional *in situ* presentaran autocompatibilidad.

**H2:** Al menos 10% de árboles de cacao tipo nacional *in situ* presentaran compatibilidad cruzada.

## CAPÍTULO II

### II. REVISION DE LITERATURA

#### 2.1 El Cacao fino aroma

La promoción de exportación del cacao ecuatoriano de “arriba” como producto natural único para el uso alimenticio, cosmético y farmacéutico puede usar signos distintivos como indicaciones geográficas y denominaciones de origen. Dos ganancias: promover y a la vez proteger este producto derivado de la alta biodiversidad nativa del Ecuador. **(Egas, 2008)**

El mismo autor afirma también que el cacao es originario de los trópicos húmedos de América del Sur más precisamente en el Noroeste de América del Sur, en la zona alta amazónica. La variedad “nacional” es sin duda nativa del Ecuador y parece provenir de los declives orientales de la cordillera de los Andes, en la Hoya Amazónica, Se ha sugerido también que la semilla de esta planta fue llevada a través los caminos del Imperio Inca y sembrada en la costa occidental. Otra posibilidad es que el cacao haya crecido naturalmente en la zona actual de cultivo y que al aislarse de la Hoya Amazónica, por el plegamiento de los Andes, las características ecológicas al Oeste de la Cordillera imprimieron al cacao “Nacional” las particulares cualidades de “fino aroma” que hoy tiene.

En todo caso, en Ecuador, en la segunda mitad del siglo XVI, fue tan rentable el negocio del cacao, que familias emprendedoras guayaquileñas se lanzaron a cultivarlo.

El mismo autor afirma también que el nombre “arriba” en el mercado internacional, como denominación de origen, viene de la existencia en 1600 de plantaciones de cacao a orillas del río Guayas que se expandieron aguas arriba de sus afluentes, el Daule y el Babahoyo. La variedad que da origen a este cacao se denomina “nacional” y botánicamente pertenece a los denominados forasteros amazónicos Este cacao se lo reconoce mundialmente por su aroma. **(Egas, 2008)**

El cacao fue antes del banano de los años 50 y por supuesto del petróleo desde los años 70, una fuente principal de financiamiento público. En los años de lucha por la independencia (1800-1822), significaba entre el 40 al 60% de las exportaciones del Ecuador y hasta el 68% de los impuestos del Estado. **(Enríquez, 2004)**

Pero la gran expansión se produce entre 1820 y 1920: de 5.000 toneladas métricas se pasa a más de 40.000 (unos 880.00 quintales) producidas en grandes haciendas o latifundios denominados, los Grandes Cacaos. Las áreas preferidas “de arriba” fueron Vinces, Babahoyo, Palenque, Baba, Pueblo Viejo, Catarama y Ventanas, en la actual provincia de Los Ríos; hacia el sur de la provincia del Guayas, en Naranjal, Balao, Tenguel; en la provincia de El Oro, en Machala y Santa Rosa.

El mismo autor afirma que entre 1880 y 1890, el Ecuador fue el mayor exportador mundial de cacao, lugar que, hacia fines del siglo, comenzó a perderlo a favor de Ghana. El cacao, como principal generador de divisas, permitió la creación, a comienzos del siglo XX, de los primeros bancos del país y fue también el soporte político y económico de grupos burgueses gobernantes del Litoral. **(Enríquez, 2004)**

La producción de las haciendas de cacao se hacía contratando mano de obra barata y explotada, con peones provenientes de la costa y de la sierra. Hacia 1918 aparecen y se expanden en la zona cacaotera ecuatoriana las enfermedades destructoras del cultivo, “Escoba de Bruja” y la “Monilla”; la producción baja de 40.000 TM a 15.000 (1930). La falta de transporte y de mercados internacionales durante la Primera Guerra Mundial y la depresión económica de los 20 completaron la caída. Pero, desde fines de los 30 y 40, pequeños y medianos propietarios comenzaron a renovar y sembrar nuevas huertas de cacao, utilizando semillas de los árboles que habían tolerado las enfermedades con la variedad denominada híbrido nacional x venezolano. La producción llega hasta 33.000 TM en 1960. **(Montoya, 2011)**

En esta década se produce un nuevo incremento de áreas de siembra en base a repartición de tierras baldías y de haciendas improductivas por la Reforma Agraria, lo cual en los años sucesivos produce niveles de producción crecientes, hasta estabilizarse al final de la década de los 80 con producciones que fluctúan alrededor de las 80.000 TM anuales, en un área aproximada de 360.000 has. Pero no se trata ya de inmensas plantaciones exclusivas de cacao. . **(Enríquez, 2004)**

En lo que se refiere al volumen de producción, la participación las exportaciones del Ecuador es de solamente el 3% al 4% de la producción mundial. Sin embargo, la importancia del “cacao fino de aroma” no se mide con ese porcentaje. El país produce el 70% del cacao mundial fino de aroma. El cacao fino de aroma y el chocolate que se produce con él, en realidad están en el punto más alto en el mercado en cuanto a su calidad. . **(Egas, 2008)**

Ecuador exporta cacao en grano, licor de cacao (pasta), manteca de cacao, polvo de cacao y elaborados. **(Egas, 2008)**

## **2.2 Biología Floral**

El cacao pertenece a la familia Sterculiaceae (Blanco, 1989), existen dos razas diferentes, el criollo (cacao dulce) y el forastero (cacao amargo), originario de américa central y parte oriental de Venezuela respectivamente. **(Padilla, 1995)**

La inflorescencia del cacao es de tipo caulifloro en el cual las flores aparecen en la corteza vieja, bien sea en el tronco, en las ramas principales o en las ramificaciones secundarias. Esta característica facilita la colocación de un tubo protector para controlar la polinización artificial.

La flor esta sostenida por un pedicelo de 1 a 3 cm y es de pequeña talla (su diámetro varia de 0.5 a 1 cm), regularmente pentámera. Los cinco sépalos, soldados por su base son blancos o teñidos de rosa. Los cinco pétalos, alternos con los sépalos, tiene una forma muy característica: muy estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capuchón (cogulla) de color blanco, la abertura del cual está orientada hacia el eje de la flor y cuya parte

superior, estrecha, se prolonga en una lígula\_ que la enlaza con el limbo del pétalo, más ancho, completamente orientado hacia el exterior de la flor. **(Enríquez, 1985)**

El ovario supero, comprende cinco cavidades que contienen cada una de seis a diez óvulos dispuestos alrededor del eje central del ovario. El estilo es tubular, terminando en cinco estigmas.

El androceo está compuesto por cinco estambres que alternan con cinco estaminodios estériles, estambres y estaminodios están soldados por su base para formar un tubo muy corto. Mientras que los estaminodios son erguidos y rodean el estilo, los estambres están recurvados hacia el exterior, directamente hacia los pétalos, encontrándose las anteras alojadas en el interior de las cogullas de cada uno de los pétalos correspondientemente. Cada estambre es doble, proviniendo en realidad de la fusión de otros dos estambres, y las anteras portan cuatro sacos polínicos. **(Padilla, 1995)**

La abertura del botón floral empieza por la tarde cuando comienza a entre abrirse las extremidades de los sépalos y se completa a las primeras horas de la mañana siguiente.

La dehiscencia de las anteras aparece al abrirse la flor y el polen es funcional inmediatamente. Los granos de polen, esferoidales, son de pequeña dimensión (16 a 23 micras). Su viabilidad es corta y no sobrepasa las 48 horas en las condiciones naturales.

La disposición de las piezas florales del cacao no contribuye a facilitar la polinización. Las anteras están, en efecto, alojadas en el interior de las cogullas de los pétalos, mientras que los estigmas mismos están protegidos por los estaminodios que los rodean. El polen, poco viscoso, difícilmente puede alcanzar los estigmas por el efecto del viento. De hecho la polinización del cacao es esencialmente entomófila. Está asegurada por pequeñas mosquitas entre las que han sido identificadas varias especies del genero Forciponya, las cuales se alimentan, visitando muchas flores en un solo árbol antes de volar hacia otro. Esta particularidad es de importancia práctica puesto que significa que la mayoría de las flores reciben polen del mismo árbol y solo un porcentaje relativamente pequeño es polinizado en cruz **(Padilla, 1995)**

La germinación del grano de polen sobre el estigma, la penetración en el estilo del tubo polínico y su desarrollo hasta el saco embrional del ovulo se efectúan como máximo veinticuatro horas después de la polinización. Los tubos polínicos penetran casi simultáneamente en todos los óvulos de la flor. Poco tiempo después de la llegada del tubo polínico al saco embrional, el primer núcleo espermático se fusiona con el de la cosfera para formar el cigoto, mientras que el segundo núcleo espermático se une a los dos núcleos polares para formar el núcleo triploide que producirá el endospermo. **(Padilla, 1995)**

La fusión de los gametos se ha completado tres días después de la polinización y el desarrollo de los óvulos, así como el del fruto comienza inmediatamente después de la fecundación.

Se observa, sin embargo, en el cacao numerosos casos de incompatibilidad que se traduce en la caída de la flor polinizada debido a la ausencia de fecundación **(Padilla, 1995)**

### **2.3 Incompatibilidad**

El termino incompatibilidad es empleado para indicar la incapacidad del tubo polínico para penetrar el estigma y recorrer el estilo para alcanzar el ovario y realizar la doble fecundación en el saco embrionario. **(Enríquez, 1985)**

La existencia de incompatibilidad en cacao fue observada por primera vez en Trinidad por HARLAND en 1925, quien noto que había una acentuada diferencia entre arboles sanos, en los que respecta el número de frutos y que algunos de ellos ni siquiera producían **(Enríquez, 1985)**

(COPE, 1952) citado por (VERA, 1969) (QUIROZ, 1990), demostró que la reacción de incompatibilidad en cacao se localiza en el saco embrionario y está determinada por la fusión y no fusión de los óvulos y núcleos del polen en el momento de la singamia. Observo además que en los clones auto incompatibles y en los cruzamiento entre incompatibles, la no fusión y la fusión seguían las proporciones genéticas de 1;3 1,1 y 1;0 lo que corresponde al 25, 50 y 100%, mientras que las auto compatibles se producen frutos cuando la fusión es de 100% o una cifra cercana. **(Quiroz, 1990)**

KNGHT y ROGERS 1953 citado por (QUIROZ 1990), establecieron también, que la reacción de incompatibilidad en cacao no se producen estilo, sino dentro del saco embrionario, y proporcionaron una hipótesis genética para explicar la incompatibilidad; basados en hechos de que la incompatibilidad estaría gobernada por una serie de cinco alelos múltiples "S" de naturaleza esporofítica, en el siguiente orden de dominancia:  $S_1 > S_2 = S_3 > S_4 > S_5$  y el recesivo  $S_f$  o  $S_0$  que determina la auto fertilidad. **(Quiroz, 1990)**

NAUNDORF en 1952, citado por QUIROZ (1990), informo que en trabajos realizados en el valle del Cauca, Colombia, gran número de árboles de cacao resultaban estériles cuando eran polinizados con sus propios polen y en cambios fértiles y fructificaban al ser polinizados por polen de otros árboles, incluyendo arboles autocompatibles.

El mismo autor afirma que la incompatibilidad sexual es un fenómeno genético, regido por un proceso Bioquímico en el momento del reconocimiento, aceptación o rechazo del polen, lo cual se produce en el tubo polínico de la flor receptora y en algunos casos en el estigma. La incompatibilidad sexual se expresa en porcentaje de flores en términos de porcentaje de flores que presentan cuajamiento de frutos en un evento de polinización manual o artificial. **(Quiroz, 1990).**

Cuando la flor no acepta su propio polen o polen de flor del mismo árbol se lo denomina auto incompatible.

Cuando las flores de una planta generalmente auto incompatible son fecundadas con polen de otra planta, se dice que es un cruce compatible con ella y se la reconoce como intercompatible.

Como regla general la completa autoincompatibilidad en plantas cultivadas es rara, y se presenta con mayor frecuencias la seudocompatibilidad, que se define por un nivel bajo de fecundación después de la autofecundación o de la polinización cruzada entre plantas que portan alelos S idénticos.

Los resultados de un estudio de Pound (1931), demostró que arboles de cacao autoincompatibles en un tiempo, pueden llegar a tornarse autocompatibles. Según su opinión, al parecer hay cambios climáticos que pueden alterar los procesos fisiológicos en la planta; los que a su vez, pueden modificar la expresión de la constitución genética con respecto a la autoincompatibilidad. **(Quinaluisa, 2010)**

Vera (1969) sostiene que es fácil distinguir a primera vista un árbol autoincompatibles, ya que presenta las siguientes características. **(Vera, 1969)**

- Gran cantidad de flores por cojinete.
- Proliferación de los haces florales.
- Presencia de ramas en los haces florales
- Escasa fructificación.
- Muerte de los frutos jóvenes.

#### **2.4 Sistemas de Incompatibilidad**

El fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos sistemas heteromorfo y homomorfo. En el primer caso, se impiden la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. **(Quiroz, 1990).**

En el sistema homomorfo el impedimento de la fecundación se debe a factores genéticos y no morfológicas, este sistema a su vez puede ser gametofítico y esporofítico. **(Quinaluisa, 2010)**

El mismo autor afirma que el sistema gametofítico se caracteriza por la acción independiente, tanto en el estilo como en el polen, de los alelos pertenecientes al locus de la incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo. **(Soria, 1970)**

El sistema esporofítico el cual se presenta en las plantas de cacao, se halla determinada por un solo locus con alelos múltiples y se encuentra determinado por el núcleo diploide del esporofito; en otras palabras el comportamiento de cada grano de polen o tubo polínico está dirigido y determinado por el genotipo diploide. **(Vera, 1969)**

La incompatibilidad se puede presentar de dos formas una de ellas es a autoincompatibilidad, por lo cual las flores de una misma planta no puede fertilizar sus propios óvulos, aunque la polinización haya sido realizada y la otra la incompatibilidad cruzada por lo cual algunas plantas no puede cruzarse con otras, por consiguiente, una planta puede estar en ambos grupos, o puede ser auto incompatible, pero compatible con otras. **(Soria, 1964) (Vera, 1969).**

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

##### 3.1 Localización del Experimento

La presente investigación se la llevó 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 cantón Valencia, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es, latitud  $89^{\circ} 16'41.18''$  N y una longitud de  $-127^{\circ} 10'9.15''$  W. Con una altitud de 112 m.s.n.m. Esta investigación se realizó entre los meses de julio y agosto del año 2013.

##### 3.2 Unidad Experimental:

Se utilizaron como unidades experimentales 143 árboles de cacao tipo nacional *in situ*, seleccionando aleatoriamente 10 flores de cada uno, dando un total de 1430 flores en estudio.

Se calculó el tamaño de la muestra que se utilizó en la realización de la investigación, según el método de Bernal (2000).

Se conoce el tamaño de la población:  $N= 600$

$$n = \frac{S^2}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Se conoce que el cacao de origen Nacional existen 600 árboles.

$$S^2 = 1.05$$

$$E = 0.05$$

$$Z = 1.96$$

$$N = 600$$

$$n = \frac{(0.16)^2}{\frac{(0.05)^2}{(1.96)^2} + \frac{(1.06)^2}{600}} = \frac{1.12}{0.006 + 0.0018} = \frac{1.12}{0.0078} = 143 \text{ arboles}$$

### **3.3 Materiales de Campo**

- Pinza de uso médico para extracción de espinas
- Plastilina
- Alambre de cobre
- Gaza
- Tubo de jeringuilla hipodérmica
- Tarjeta de identificación
- Pintura aerosol
- Brocha

### **3.4 Materiales de Oficina**

- Lápices
- Calculadora
- Libreta de campo
- Computadora
- Cámara fotográfica.
- Hojas de registro.
- Borrador.
- Impresora.
- Cartucho para impresora.
- Memoria de 4 GB.
- Resmas de papel bond.

### **3.5 Factor de Estudio**

Como factor de estudio se tomaron en cuenta las reacciones de compatibilidad, incompatibilidad, fecundación y polinización en una hectárea de cacao de origen Nacional in situ

#### **3.5.1 Tratamientos**

Como tratamientos tomamos los 143 árboles siendo cada uno de ellos un tratamiento.

### **3.6 Manejo del Experimento**

#### **3.6.1 Identificación de los árboles**

Se procedió a identificar en el campo los arboles de origen Nacional siguiendo la teoría de (Fowler 1952), que se determinó por el color rojizo de pedicelo del estambre, identificándolos con pintura aerosol

#### **3.6.2 Autopolinización de las flores**

Se realizó la autopolinización de 10 flores para determinar la presencia del gen Sf (self fertility) responsable de la autofecundación, esto se ejecutó para formar dos grupos, uno con los arboles autocompatibles y otro grupo con los arboles autoincompatibles.

#### **3.6.3 Cruce artificial entre grupos**

Posteriormente se realizó un cruce artificial entre el grupo de los arboles autocompatibles (Sf) y el grupo de los autoincompatibles para determinar la compatibilidad cruzada.

Con la finalidad de determinar su posible genotipo se realizó la prueba de  $X^2$  en los arboles autoincompatibles, según el procedimiento informado por **(Arévalo 1972)**.

### 3.7 Manejo de la Autopolinización

Para la realización del presente trabajo, se tomó como base la teoría de Knight y Rogers (1955), es decir, la realización de polinización artificial y la cuantificación a base de 30% de flores prendidas.

La autopolinización artificial se realizó por medio de la técnica ideada por Pound en 1932, citada por Arévalo et al. 1972, Quiroz 1990, la cual consiste en el siguiente procedimiento:

#### 3.7.1 Primer aislamiento

Por la mañana se realizó el aislamiento de los botones florales que estaban próximos a abrir, con tubos transparentes en plásticos de 5 cm de largo por 3cm de diámetro, abierto en los dos extremos, uno de los extremos fue cubierto con gasa fina y asegurado con una liga con el propósito de evitar la entrada de insectos polinizadores y permitir la aireación, del otro extremo se aseguró a la rama mediante un anilló de plastilina. **(Quiroz 1990)**

#### 3.7.2 Fecundación

En la mañana siguiente, en las primeras horas (8 a 10 am), se quitaron los tubos que cubrían a los botones florales (flor receptora), los cuales ya estaban abiertos y cuidadosamente se izó la remoción de estambres (emasculación), estaminodios y pétalos; luego se desprendió otra flor del mismo árbol que fue la flor donadora de polen a la cual se la separaron los estaminodios, pétalos y sépalos es decir dejándolos los estambres y se realizó la frotación con mucho cuidado de arriba hacia abajo sobre el estilo de la flor receptora. **(Quiroz 1990)**

#### 3.7.3 Segundo aislamiento

Concluida la polinización inmediatamente se volvió a aislar la flor receptora de la misma manera que se aislaron los botones florales, condición en la que quedaron durante tres días ya que no existía el riesgo de una polinización natural. **(Vera, 1969)**

### **3.7.4 Conteo**

El primer conteo se realizó a los tres días de la polinización y a los diez días después de este proceso; se utilizaron cintas enumeradas para evitar confusión alguna en los recuentos. **(Vera, 1969)**

## **3.8 Método de Evaluación**

### **3.8.1 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos serán ordenados mediante una estadística no paramétrica basada en una medida de tendencia central y de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación).

Para establecer la significancia estadística entre grupo de los arboles autocompatibles de cacao se empleara una prueba de "t" pareada y se establecerá límites de confianza.

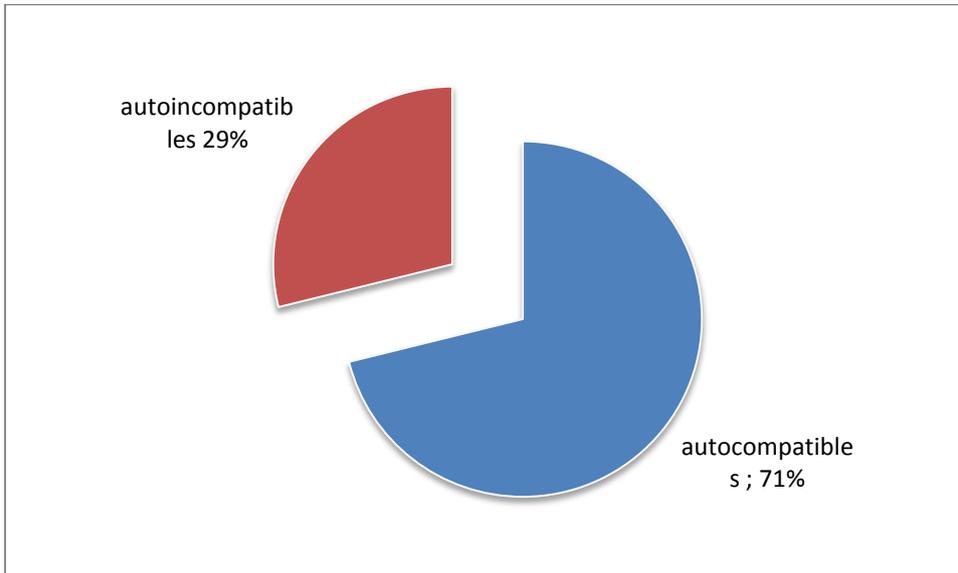
# CAPITULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1 Compatibilidad

En la **Figura 1** se representa el porcentaje de árboles que resultaron autocompatibles y autoincompatibles al realizar la polinización en los 143 árboles correspondiente a la muestra de una hectárea de cacao de origen nacional obteniendo un 71% de árboles autocompatibles lo que corresponde a 101 árboles y el 29% de autoincompatibles lo que corresponde a 42 árboles del total de la muestra con la que se trabajó.



**FIGURA 1.** Porcentaje de árboles que resultaron autocompatibles y autoincompatibles tras la realización de las autopolinizaciones

### 4.1.2 Autocompatibilidad

En el **Cuadro 2** se muestran los 101 árboles que resultaron autocompatibles tras la polinización realizada donde de las 10 polinizaciones realizadas por árbol tenemos un porcentaje de fecundación que fluctúa entre el 10% en menor y el 70% el mayor teniendo una regularidad del 50% de fecundación

### 4.1.3 Método de STURGES para elaboración de cuadros de distribución de frecuencia (autocompatibles)

FORMULA:

Numero de intervalos:  $K = 1 + 3.32 * \log 101 = 4,32 * 2.00 = 8.60$

Rango: mayor – menor =  $7 - 1 = 6$

Amplitud:  $R = \frac{6}{8} = 0.8$

**CUADRO 1;** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia de los árboles que resultaron autocompatibles.

<b>RANGO</b>	<b>FRECUENCIA 08</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1 - 1,8	3	2.97%
1,9 – 2,7	8	7.92%
2,8 – 3,6	19	18.81%
3,7 – 4,5	26	25.74%
4,6 – 5,4	26	25.74%
5,5 – 6,3	14	13.86%
6,4 – 7,20	5	4.95%
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>100%</b>

**Promedio:**

$$x = 3$$

**Moda:**

$$\text{Moda} = 5$$

**Varianza:**

$$S^2 = 20.01$$

**Desviación estándar:**

$$S = 4,47$$

**Coefficiente de Variación:**

$$CV = 149 \%$$

**Cuadro 2.** Prueba de t para observaciones pareadas entre arboles autocompatibles versus los autoincompatibles en base a las flores prendidas.

GRUPO A		GRUPO B		A-B=D	(A-B) <sup>2</sup> =D <sup>2</sup>
ARBOLES	FLORES	ARBOLES	FLORES		
2X2	4	1x1	0	4	16
7X7	5	16x16	0	5	25
8X8	3	20x20	0	3	9
9X9	6	28x28	0	6	36
10X10	6	31x31	0	6	36
12X12	5	50x50	0	5	25
X13X13	6	63x63	0	6	36
14X14	2	64x64	0	2	4
15X15	6	71x71	0	6	36
90X90	5	73x73	0	5	25
93X93	5	81x81	0	5	25
94X94	5	91x91	0	5	25
95X95	3	108x108	0	3	9
97X97	4	113x113	0	4	16
98X98	4	115x115	0	4	16
99X99	5	120x120	0	5	25
100X100	4	121x121	0	4	16
138X138	4	133x133	0	4	16
139X139	7	137x137	0	7	49
141X141	2	140x140	0	2	4
143X143	1	142x142	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>92</b>		<b>0</b>	<b>92</b>	<b>450</b>
$\bar{x}$	4.38		0.00		

$$S^2d = 1.06$$

$$Sd = \sqrt{1.06} = 1.03$$

$$gl. 21-1 = 20 \quad T_{.05} (20 \text{ gl}) = 2.086$$

$$t = \frac{\bar{d}}{Sd} = \frac{4.38}{1.03} = 4.25^*$$

Se rechaza lo  $H_0$ , al determinar que si hay diferencia en prendimiento de flores de los dos grupos los autocompatibles y los autoimcompatibles.

**Cuadro 3.** Límite de confianza para arboles autocompatibles de las flores prendidas.

ARBOLES	NUMERO DE FLORES	
2 x 2	4	16
14 x 14	2	4
15 x 15	6	36
21 x 21	6	36
27 x 27	4	16
32 x 32	3	9
33 x 33	3	9
40 x 40	3	9
43 x 43	5	25
45 x 45	7	49
49 x 49	5	25
51 x 51	4	16
53 x 53	5	25
56 x 56	5	25
57 x 57	2	4
58 x 58	5	25
90 x 90	5	25
100 x 100	4	16
104 x 104	6	36
129 x 129	4	16
143 x 143	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>423</b>
$\bar{x}$	<b>4.23</b>	

$$\bar{x} = \frac{89}{21} = 4.24$$

$$S = \sqrt{2.29} = 1.51$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{1.51}{\sqrt{21}} = \frac{1.51}{4.58} = 0.33$$

$$c.v. = \frac{s}{\bar{x}} (100) = \frac{1.51}{4.24} \times 100 = 35\%$$

$$t_{.05} (gl) = 2.086$$

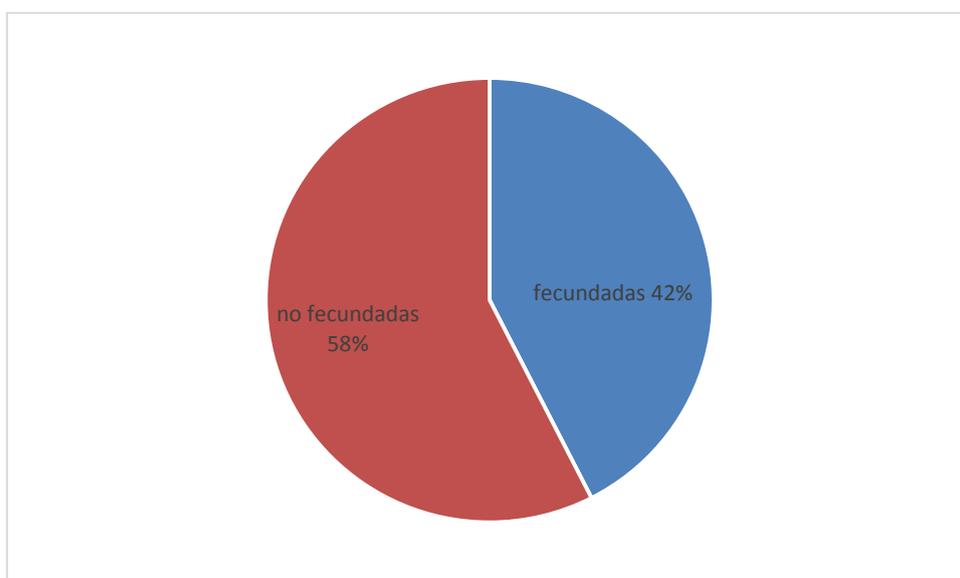
### 4.1.3 Intervalo de Confianza al 95%

$$P = (\bar{x} - t_{0.05} S \bar{x} < u < \bar{x} + t_{0.05} S \bar{x})$$
$$3.55 < u < 4.93.$$

La media de la muestra  $\bar{x} = 4.24$  y la desviación típica  $S = 1.51$  nos dan los mejores estimados de los parámetros (población) correspondiente a  $u$  y  $\sigma$  respectivamente.

Puesto de que interés está en el rendimiento de la población en este caso las flores prendidas, se ha comprobado un intervalo y se afirmó que  $u$  se encuentra entre 3.55 y 4.93 con una probabilidad de 95% de estar en lo cierto.

En la **Figura 2** se demuestra en porcentaje la fecundación de flores obtenida en las autopolinizaciones en la cual se obtuvo un 42% de fecundación de flores y el 58% del total de flores polinizadas no fecundaron.

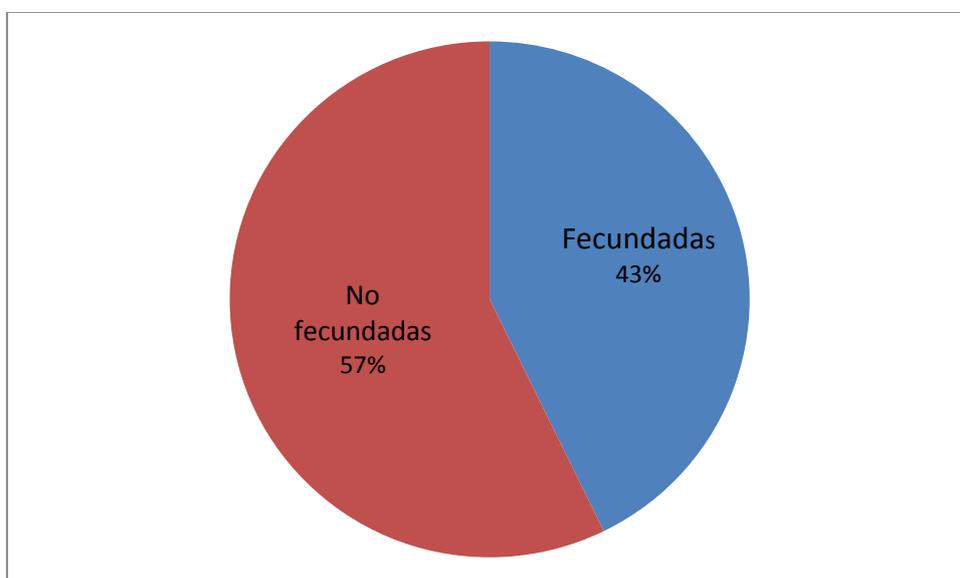


**FIGURA 2.** Porcentaje de las flores que fecundaron y que no fecundaron tras las autopolinización en el grupo de árboles autocompatibles.

#### 4.1.4 Polinización cruzada

En el **cuadro 4** se muestra los resultados obtenidos al realizar la polinización cruzada entre los dos grupos de árboles obtenidos al separar los arboles autocompatibles y autoincompatibles en grupos utilizando el grupo de autocompatibles como madres y los autoincompatibles como padres donde se obtuvo como mayor porcentaje de fecundación un 90% siendo este mayor al porcentaje de fecundación que se obtuvo en las autopolinizaciones y el menor porcentaje obtenido fue del 10% de fecundación teniendo en cuenta que de los 101 árboles polinizados 5 de estos resultaron incompatibles también con el polen de otra flor.

En la **Figura 3** se muestra el porcentaje de fecundación referente a la polinización cruzada en la muestra de una hectárea de cacao de origen nacional donde obtuvimos un 43% de flores que fecundaron y un 57% de flores que no llegaron a la fecundación.



**Figura 3.** Porcentaje de fecundación en polinización cruzada.

#### 4.1.4 Método de STURGES para elaboración de cuadros de distribución de frecuencia (polinización cruzada)

FORMULA:

Numero de intervalos:  $K = 1 + 3.32 * \log 101 = 4,32 * 2.00 = 8.60$

Rango: mayor – menor =  $9 - 1 = 8$

Amplitud:  $R = \frac{8}{8} = 1$

**Cuadro 4.** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia del cruce entre los grupos de árboles autocompatibles y autoincompatibles

RANGO	Frecuencia. 1	PORCENTAJE
0 - 1	2	1.98
1,1 – 2,1	13	12.87
2,2 - 3,2	14	13.86
3,3 – 4,3	16	15.84
4,4 – 5,4	22	21.78
5,5 – 6,5	19	18.81
6,6 – 7,6	6	5.94
7.7 - 8.7	2	1.98
8.8 – 9.8	2	1.98
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>100%</b>

## 4.2 Discusión

Una vez presentados los resultados de la tesis, existe la necesidad de discutir con lo que dicen otros autores sobre el tema de incompatibilidad en cacao de tipo nacional *in situ*:

El fenómeno de la incompatibilidad es un hecho importante para explicar la abscisión de las flores, pero no con exactitud se puede asumir que la caída de las flores de los árboles sometidos a la prueba se deba a los genes precursores de la incompatibilidad, sino que, se debe tomar en cuenta los factores medio ambientales por el estímulo ocasionado a la flor y por el derrame floral que son factores que también interfieren en la bajo cuajamiento de las flores.

Los materiales autocompatibles presentaron porcentaje de fecundación con variación lo que demuestra que existen diferentes grados de autocompatibilidad. Esto se encuadra con lo manifestado por (Quinaluisa, 2010) quien expresa que no todos los árboles dan resultados iguales debido a que unos cuajan más que los otros.

De acuerdo con (Quinaluisa, 2010) esto puede deberse a factores genéticos fisiológicos o ambientales que influyen considerablemente en el proceso de la polinización.

En las polinizaciones encontramos que los árboles que resultaron autoincompatibles al realizarles un cruzamiento entre los grupos de autocompatibles y autoimcompatibles resultaron ser intercompatibles resultando solo los árboles 2, 23, 61 y 65 con una incompatibilidad absoluta

esto concuerda con lo manifestado por (Padilla, 1995) quien manifestó que no existe o es poco frecuente la incompatibilidad absoluta.

En la mayoría de los árboles que resultaron autoincompatibles, especialmente en aquellos que no se fecundó ninguna flor todas las flores en estudio se cayeron antes de cumplir el séptimo día mostrando una fuerte reacción de autoincompatibilidad (Quiroz, 1990) señala que esto podría deberse a que las condiciones ambientales influyen en la fisiología del árbol y que además en determinadas épocas del año los árboles tienden a variar su compatibilidad.

## **CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

1. En las autopolinizaciones se encontró un alto porcentaje de árboles autoincompatibles
  
2. Los árboles que resultaron autocompatibles tienen un bajo porcentaje de cuajamiento debido a los factores medios ambientales y las malas o ninguna labor cultural por parte de los productores.
  
3. Los árboles que son autoincompatibles entre si resultaron compatibles con otros árboles al realizarles la polinización cruzada entre los dos grupos de árboles.

## 5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizarles unas enjertación a los arboles autoincompatibles con brotes de los arboles autocompatibles para bajar el porcentaje de autoincompatibilidad o a su vez sustituirlos con árboles autocompatibles.
2. Se recomienda realizar las labores culturales ya que esto ayuda a aumentar la presencia de insectos polinizadores lo que ayuda a tener una mayor fructificación.
3. Recomienda la aplicación de biotecnología agrícola (marcadores moleculares) que identifiquen el gen de la autoincompatibilidad.
4. La incompatibilidad debe ser tomada en cuenta como algo que depende de varios factores, genéticos y ambientales y buscar que el cacao nacional no desaparezca y declararlo como patrimonio nacional.

## 6. Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en la finca “Santa Isabel”, en una plantación de cacao tipo nacional *in situ* a plena exposición solar, ubicada en el recinto “Aguacate de Pise” Km 18 vía La Esperanza cantón Valencia, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es, latitud  $89^{\circ} 16'41.18''$  N y una longitud de  $-127^{\circ} 10'9.15''$  W. Con una altitud de 112 m.s.n.m. Esta investigación se realizó entre los meses de julio y agosto del año 2013.

La investigación consistió en realizar un estudio para conocer a nivel de campo la incompatibilidad que presentan los árboles de cacao tipo nacional *in situ*, donde como unidad experimental se utilizaron 143 árboles seleccionando aleatoriamente 10 flores de cada árbol dando un total de 1430 flores en estudio a las cuales como factor a estudio se tomó en cuenta las reacciones de compatibilidad, incompatibilidad, fecundación y polinización cruzada.

El manejo del experimento se realizó primeramente con la identificación de los árboles seleccionándolos por el color rojizo del pedicelo del estambre posteriormente las autopolinizaciones se realizaron para determinar la presencia del gen Sf (self fertility) responsable de la autofecundación, de las autopolinizaciones se conformó dos grupos de árboles los autocompatibles y autoincompatibles con los cuales se realizó un cruce con los dos grupos para determinar la intercompatibilidad.

En las autopolinizaciones realizadas se encontró un gran número de árboles que resultaron autoincompatibles con un porcentaje de 29% de árboles lo que corresponde a 42 árboles de los 143 en estudio, resultando 101 árboles restantes autocompatibles en los cuales se obtuvo un porcentaje de fecundación del 58% de las flores polinizadas teniendo una frecuencia de 4 a 5 flores fecundadas.

En la polinización cruzada que se realizó entre los grupos de árboles autocompatibles y autoincompatibles tomado como madres los autocompatibles se obtuvo un porcentaje de fecundación del 43% siendo este menor al obtenido en las autopolinizaciones.

## 7. Summary

This research was conducted at the "Santa Isabel" in a cocoa plantation in situ national rate in full sunlight, located on the premises "Aguacate de Pise" Km 18 via La Esperanza canton Valencia, Los Ríos Province whose geographic location is latitude 89o 1,887,508 16'41" N and a length of 10'9-154 145 W. 127th With an altitude of 112 meters above sea level This research was conducted between July and August 2013.

The research involved a study for field-level incompatibility that have cocoa trees national rate in situ, where the experimental unit 143 trees were used randomly selecting 10 flowers from each tree for a total of 1430 flowers in study factor as to which study took into account the reactions of compatibility, incompatibility, fertilization and cross-pollination.

Managing the first experiment was performed with the identification of selecting trees for the reddish color of the stalk of the stamen selfings subsequently were performed to determine the presence of the head of selfing, self-pollinations of Sf gene (self fertility) was formed two groups of the self-compatible and self-incompatible trees with which a cross with the two groups was conducted to determine the inter-compatibility.

In the self-pollinations performed a large number of trees that were self-incompatible with a percentage of 29% of trees are found corresponding to 42 143 trees in the study, resulting in 101 remaining self-compatible trees which a fertilization rate of 58 was obtained % of the flowers pollinated having a frequency of 4 to 5 fertilized flowers.

In cross-pollination that took place between self-compatible and self-incompatible groups of trees taken as self-compatible mothers fertilization percentage being 43% lower than the obtained in self-pollinations was obtained.

## CAPITULO VI

### 8. LITERATURA CITADA

**AREVALO** A.R. 1972 Determinación de los genotipos de Incompatibilidad o compatibilidad en varios clones de cacao. Revista Tehobroma CEPEC Brasil.

**BERNAL** T.C.2000. Metodología de la investigación para Administración y Economía. Santa Fe de Bogotá.278 Pág.

**ENRIQUEZ** G. 1985. Curso sobre el cultivo de cacao. Centro Agrónomo tropical de investigación y enseñanza. Turrialba – Costa Rica 240 Pág.

**ENRIQUEZ** G.2004. Guía para productores ecuatorianos cacao Orgánico manual # 54 Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias Pág. 42-63

**EGAS** R. 2008 El cacao de “fino aroma” debería llevar denominación de origen, Ecuador. Página Web: Nutrinet.org. Disponible en:  
<http://ecuador.nutrinet.org/noticias/1/223-el-cacao-de-fino-aroma-deberia-llevar-denominacion-de-origen-ecuador>.

**MONTOYA** W. 2011. Cacao ecuatoriano: cultivo noble. Por Revista El agro. Edición 200.

**PADILLA** N.1995. Determinación de la autocompatibilidad de 21 Plantas de elites seleccionadas en un ensayo comparativo de 36 genotipo de cacao (Tehobroma cacao L) Trabajo de diploma.Escuela de Producción vegetal facultad de agrónoma. Universidad Nacional Agrarias Managua Nicaragua 28 Pág.

**QUIROZ** J. 1990. Estudio de la incompatibilidad en algunos cultivares de cacao (Tehobroma cacao) Tesis de grado facultad de ciencias Agrarias Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo – Ecuador. Pág. 5-8.

**QUINALUISA C.** 2010 Estudio de la compatibilidad de árboles seleccionados por productividad y sanidad en un grupo de progeneis híbridas provenientes de cruces entre cacao (Tehobroma cacao L.) Nacional y otros orígenes genéticos. Tesis de grado facultad de ciencias agrarias Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. Pág. 4-10.

**SORIA, J.** 1970 Las teorías genéticas sobre la incompatibilidad en cacao IICA. Turrialba, Costa Rica. Boletín informativo

**VERA B.J.**1969 Estudio de la compatibilidad en híbridos interclonales de Cacao (Tehobroma cacao L.)Tesis Ing.Agr.Facultad de agronomía y veterinaria de la Universidad de Guayaquil, Guayaquil – Ecuador 35 paginas.

## CAPITULO VII

### 9. ANEXOS

**CUADRO 1;** Arboles que resultaron autoincompatibles tras las autopolinizaciones en la muestra de una hectárea de cacao nacional.

ARBOLES	N <sup>o</sup> POLINIZACIONES	N <sup>o</sup> DE FLORES FECUNDADAS	% DE FECUNDACION
1 X 1	10	0	0
3 X 3	10	0	0
5 X 5	10	0	0
6 X 6	10	0	0
11 X 11	10	0	0
16 X 16	10	0	0
20 X 20	10	0	0
22 X 22	10	0	0
24 X 24	10	0	0
26 X 26	10	0	0
28 X 28	10	0	0
30 X 30	10	0	0
31 X 31	10	0	0
36 X 36	10	0	0
38 X 38	10	0	0
44 X 44	10	0	0
48 X 48	10	0	0
50 X 50	10	0	0
60 X 60	10	0	0
63 X 63	10	0	0
64 X 64	10	0	0
67 X 67	10	0	0
68 X 68	10	0	0
71 X 71	10	0	0
73 X 73	10	0	0
74 X 74	10	0	0
81 X 81	10	0	0
84 X 84	10	0	0
87 X 87	10	0	0
88 X 88	10	0	0
91 X 91	10	0	0
92 X 92	10	0	0
96 X 96	10	0	0
108 X 108	10	0	0
113 X 113	10	0	0
115 X 115	10	0	0
120 X 120	10	0	0
121 X 121	10	0	0
133 X 133	10	0	0
137 X 137	10	0	0
140 X 140	10	0	0
142 X 142	10	0	0

**CUADRO 2.** Arboles q resultaron autocompatibles de las autopolinizaciones en el cacao de origen nacional.

<b>Arboles</b>	<b>Nº de polinizaciones</b>	<b>Nº de flores fecundadas</b>	<b>% de fecundación</b>
<b>2 x 2</b>	10	4	40
<b>4 x 4</b>	10	3	30
<b>7 x 7</b>	10	5	50
<b>8 x 8</b>	10	3	30
<b>9 x 9</b>	10	6	60
<b>10 x 10</b>	10	6	60
<b>12 x 12</b>	10	5	50
<b>13 x 13</b>	10	6	60
<b>14 x 14</b>	10	2	20
<b>15 x 15</b>	10	6	60
<b>17 x 15</b>	10	3	30
<b>18 x 18</b>	10	4	40
<b>19 x 19</b>	10	4	40
<b>21 x 21</b>	10	6	60
<b>23 x 23</b>	10	6	60
<b>25 x 25</b>	10	5	50
<b>27 x 27</b>	10	4	40
<b>29 x 29</b>	10	3	30
<b>32 x 32</b>	10	3	30
<b>33 x 33</b>	10	3	30
<b>34 x 34</b>	10	6	60
<b>35 x 35</b>	10	5	50
<b>37 x 37</b>	10	4	40
<b>39 x 39</b>	10	4	40
<b>40 x 40</b>	10	3	30
<b>41 x 41</b>	10	4	40
<b>42 x 42</b>	10	7	70
<b>43 x 43</b>	10	5	50
<b>45 x 45</b>	10	7	70

<b>46 x 46</b>	10	5	50
<b>47 x 47</b>	10	2	20
<b>49 x 49</b>	10	5	50
<b>51 x 51</b>	10	4	40
<b>52 x 52</b>	10	5	50
<b>53 x 53</b>	10	5	50
<b>54 x 54</b>	10	5	50
<b>55 x 55</b>	10	5	50
<b>56 x 56</b>	10	5	50
<b>57 x 57</b>	10	2	20
<b>58 x 58</b>	10	5	50
<b>59 x 59</b>	10	5	50
<b>61 x 61</b>	10	4	40
<b>62 x 62</b>	10	3	30
<b>65 x 65</b>	10	3	30
<b>66 x 66</b>	10	6	60
<b>69 x 69</b>	10	5	50
<b>70 x 70</b>	10	1	10
<b>72 x 72</b>	10	4	40
<b>75 x 75</b>	10	6	60
<b>76 x 76</b>	10	7	70
<b>77 x 77</b>	10	5	50
<b>78 x 78</b>	10	4	40
<b>79 x 79</b>	10	6	60
<b>80 x 80</b>	10	6	60
<b>82 x 82</b>	10	4	40
<b>83 x 83</b>	10	3	30
<b>85 x 85</b>	10	4	40
<b>86 x 86</b>	10	5	50
<b>89 x 89</b>	10	2	20
<b>90 x 90</b>	10	5	50
<b>93 x 93</b>	10	5	50
<b>94 x 94</b>	10	5	50

<b>95 x 95</b>	10	3	30
<b>97 x 97</b>	10	4	40
<b>98 x 98</b>	10	4	40
<b>99 x 99</b>	10	5	50
<b>100 x 100</b>	10	4	40
<b>101 x 101</b>	10	3	30
<b>102 x 102</b>	10	4	40
<b>103 x 103</b>	10	3	30
<b>104 x 104</b>	10	6	60
<b>105 x 105</b>	10	2	20
<b>106 x 106</b>	10	4	40
<b>107 x 107</b>	10	7	70
<b>109 x 109</b>	10	4	40
<b>110 x 110</b>	10	6	60
<b>111 x 111</b>	10	3	30
<b>112 x 112</b>	10	3	30
<b>114 x 114</b>	10	4	40
<b>116 x 116</b>	10	1	10
<b>117 x 117</b>	10	4	40
<b>118 x 118</b>	10	5	50
<b>119 x 119</b>	10	3	30
<b>122 x 122</b>	10	3	30
<b>123 x 123</b>	10	5	50
<b>124 x 124</b>	10	4	40
<b>125 x 125</b>	10	2	20
<b>126 x 126</b>	10	4	40
<b>127 x 127</b>	10	6	60
<b>128 x 128</b>	10	5	50
<b>129 x 129</b>	10	4	40
<b>130 x 130</b>	10	3	30
<b>131 x 131</b>	10	3	30
<b>132 x 132</b>	10	5	50
<b>134 x 134</b>	10	2	20
<b>135 x 135</b>	10	4	40
<b>136 x 136</b>	10	5	50
<b>138 x 138</b>	10	4	40
<b>139 x 139</b>	10	7	70
<b>141 x 141</b>	10	2	20
<b>143 x 143</b>	10	1	10

**Cuadro 3.** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia de los árboles que resultaron autocompatibles.

<b>RANGO</b>	<b>Frecuencia. 08</b>	<b>ARBOLES</b>
1 - 1,8	3	70, 116, 143.
1,9 – 2,7	8	14, 47, 57, 89, 105, 125, 134, 141
2,8 – 3,6	19	4, 8, 17, 29, 32, 33, 40, 62, 65, 83, 95, 101, 103, 111, 112, 119, 122, 130, 131.
3,7 – 4,5	26	2, 18, 19, 27, 37, 39, 41, 51, 61, 72, 78, 82, 85, 97, 98, 100, 102, 106, 119, 114, 117, 124, 126, 129, 135, 138,
4,6 – 5,4	26	7, 12, 25, 35, 43, 46, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 69, 77, 86, 90, 93, 94, 99, 118, 123, 128, 132, 136.
5,5 – 6,3	14	9, 10, 13, 15, 21, 23, 34, 66, 75, 79, 80, 104, 110, 127,
6,4 – 7,20	5	42, 45, 76, 107, 138.
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	

**Cuadro 4.** Resultado de la polinización cruzada entre los grupos de árboles autocompatibles y autoincompatibles.

Arboles	Numero de polinizaciones	Nº de flores fecundadas	% de fecundación
2 x 6	10	0	-
2 x 6	10	0	-
7 x 11	10	4	40
8 x 11	10	4	40
9 x 3	10	2	20
10 x 1	10	5	50
12 x 1	10	6	60
13 x 20	10	2	20
14 x 16	10	3	30
15 x 16	10	4	40
17 x 63	10	3	30
18 x 63	10	1	10
19 x 22	10	4	40
21 x 3	10	4	40
23 x 38	10	0	-
25 x 22	10	4	40
27 x 24	10	2	20
29 x 32	10	2	20
32 x 11	10	7	70
33 x 20	10	5	50
34 x 26	10	6	60
35 x 30	10	3	30
37 x 26	10	5	50
39 x 24	10	3	30
40 x 28	10	6	60
41 x 28	10	6	60
42 x 38	10	6	60
43 x 36	10	5	50
45 x 30	10	6	60
46 x 36	10	2	20
47 x 31	10	5	50
49 x 31	10	6	60
51 x 68	10	3	30
52 x 68	10	2	20
53 x 74	10	5	50
54 x 64	10	5	50
55 x 62	10	3	30
56 x 64	10	4	40
57 x 67	10	6	60
58 x 60	10	2	20
59 x 62	10	2	20
61 x 64	10	0	-
62 x 74	10	5	50
65 x 60	10	0	-

66 x 50	10	3	30
69 x 50	10	5	50
70 x 87	10	6	60
72 x 87	10	5	50
75 x 113	10	3	30
76 x 133	10	1	10
77 x 67	10	5	50
78 x 133	10	5	50
79 x 137	10	7	70
80 x 96	10	4	40
82 x 96	10	3	30
83 x 137	10	6	60
85 x 87	10	5	50
86 x 81	10	4	40
89 x 88	10	4	40
90 x 113	10	6	60
93 x 92	10	5	50
94 x 96	10	4	40
95 x 91	10	2	20
97 x 96	10	6	60
98 x 108	10	4	40
99 x 91	10	2	20
100 x 48	10	5	50
101 x 121	10	4	40
102 x 120	10	4	40
103 x 120	10	2	20
104 x 121	10	5	50
105 x 71	10	8	80
106 x 81	10	6	60
107 x 140	10	5	50
109 x 81	10	2	20
110 x 140	10	7	70
111 x 113	10	5	50
112 x 133	10	7	70
114 x 05	10	3	30
116 x 88	10	3	30
117 x 88	10	6	60
118 x 115	10	5	50
119 x 78	10	7	70
122 x 92	10	3	30
123 x 71	10	6	60
124 x 44	10	5	50
125 x 78	10	3	30
126 x 44	10	4	40
127 x 108	10	2	20
128 x 05	10	9	90
129 x 108	10	6	60
130 x 92	10	8	80

131 x 73	10	5	50
132 x 73	10	5	50
134 x 48	10	3	30
135 x 84	10	7	70
136 x 115	10	6	60
138 x 115	10	4	40
139 x142	10	6	60
141 x84	10	6	60
143 x142	10	9	90

**Cuadro 5.** Datos obtenidos de la distribución de frecuencia del cruce entre los grupos de árboles autocompatibles y autoincompatibles.

Nº de polinizaciones cruzadas	Frec. 1	ARBOLES
0 - 1	2	(18x63), (76x133).
1,1 – 2,1	13	(9x3), (13x20), (27x24), (29x32), (46x36), (52x68), (58x60), (59x62), (95x91), (99x91), (103x120), (109x81), (127x108).
2,2 - 3,2	14	(14x16), (17x63), (35x30), (39x24), (51x68), (55x62), (66x50), 75x113), (82 x 96), (114x05), (116x88), (122x92), (125x78), (134x48).
3,3 – 4,3	16	(7x11), (8x11), (15x16), (19x22), (21x03), (25x22), (56x64), (80x96), (86x81), (89x88), (94X96), (98x108), (101x121), (102x120), (126x44), (138x115).
4,4 – 5,4	22	(10x1), (33x20), 37x26), (46x36), (47x31), (53x74), (54x64), (62x74), (69x50), (72x87), (77x67), (78x133), (85x87), (93x92), (100x48), (104x121), (107x140), (111x113), (118x115), (124x44), (131x73), (132x73).
5,5 – 6,5	19	(12x1), (34x26), (40x28), (41x28), (42x38), (45x30), (49x31), (57x67), (70x87), (83x137), (90x133), (97x96), (106x81), (117x88), (123x71), (129x108), (136x115), (139x142), (141x84).
6,6 – 7,6	6	(32x11), (79x137), (110x140), (112x133), (119x78), (135x84).
7.7 - 8.7	2	(105x71), (130x92).
8.8 – 9.8	2	(128x05), (143x142).

