



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**Proyecto de Investigación previo a
la obtención del Título de Ingeniero
Agropecuario.**

Título del Proyecto de Investigación:

“RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD
GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”

AUTORA:

VERÓNICA DEL CISNE SEGOVIA MONTESDEOCA

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Ing. Agr. M.Sc. ROMMEL ARTURO RAMOS REMACHE.

QUEVEDO – ECUADOR

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **SEGOVIA MONTESDEOCA VERÓNICA DEL CISNE**, 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.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

SEGOVIA MONTESDEOCA VERÓNICA DEL CISNE

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Ing. Agr. **M.Sc. Rommel Arturo Ramos Remache**, docente de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CERTIFICO: Que la estudiante Segovia Montesdeoca Verónica del Cisne, realizó la investigación titulada: “**RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)**”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. Agr. M.Sc. Rommel Ramos Remache.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.

El suscrito Ing. Agr. M.Sc. ROMMEL RAMOS REMACHE, certifico que:

El proyecto de investigación titulada “**RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)**”, realizado por la Srta. estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria SEGOVIA MONTESDEOCA VERÓNICA DEL CISNE, ha sido analizada mediante la herramienta URKUND y presentó resultados satisfactorios.

URKUND	
Documento	RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.).docx (D28344657)
Presentado	2017-05-18 01:45 (-05:00)
Presentado por	rramos@uteq.edu.ec
Recibido	rramos.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (<i>Theobr</i> Mostrar el mensaje completo 7% de esta aprox. 31 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 11 fuentes.

Atte.

Ing. Agr. M.Sc. ROMMEL RAMOS REMACHE.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

Proyecto de investigación:

“RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuario.

Aprobado por:

Dr. GREGORIO VÁSCONEZ MONTUFAR
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. AGR. M.Sc. DIANA VÉLIZ ZAMORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. AGR. M.Sc. ERICK EGUEZ ENRIQUEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO.

Al culminar el presente trabajo de investigación agradezco a un amigo muy especial que es Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Al Ing. Rommel Ramos por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar mi trabajo de investigación con éxito.

Para mis distinguidos maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario con nobleza y entusiasmo, abrieron sus puertas y brindaron la confianza necesaria para triunfar en la vida.

A mis compañeros y amigos, quienes compartieron sus conocimientos, alegrías, tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron apoyándome para lograr que este sueño se haga realidad. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón.

Verónica Segovia Montesdeoca

DEDICATORIA.

Con todo mi cariño y mi amor para mis padres, Gerardo y Melba las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón.

A mis hermanas Lorena y Nadia a quienes les debo muchas cosas, quienes han vivido de cerca los distintos procesos de mi vida tanto en los momentos felices y tristes que todo ser humano experimenta en el camino a seguir como un destino. Para ustedes mis pequeños y queridos sobrinos quienes con su inocencia de la niñez me han dado hermosos momentos que he vivido día a día con ellos, a mis abuelitos fuente de experiencias siempre contadas y vividas, a mis demás familiares, que siempre han sido apoyo moral y superación constante

Verónica Segovia Montesdeoca

RESUMEN.

El proyecto de investigación se realizó en la 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, perteneciente al cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. El objetivo fue evaluar la relación entre la morfología floral y la compatibilidad genética en 13 clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se utilizó un arreglo dialélico incompleto en un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Para evaluar la auto compatibilidad y compatibilidad cruzada de los clones. Sin embargo, para el estudio de la biología floral se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres observaciones; las variables evaluadas fueron: longitud del pedúnculo (LP), longitud de sépalos (LS), ancho del sépalo (AS), longitud de pétalos (LPE), ancho del pétalo (AP), longitud del estaminoides (LE), longitud de pistilo (LPI) y el peso de la flor (PF); También se estudió el sitio de la incompatibilidad. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el análisis de la varianza y para comparaciones de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Como conclusión se obtuvo que el clon que presentó el mayor porcentaje de auto compatibilidad fue el T12. DICYT 214, tipo Nacional, mientras que para compatibilidad cruzada se destacó el cruce DICYT – 29 X DICYT-67. Así mismo, la compatibilidad estuvo relacionada con las variables morfológicas de la flor ancho de pétalo y longitud de pistilo, lo que permite sospechar que aquellos clones que presentan estas estructuras de mayor tamaño facilitan su polinización. Así mismo se logró corroborar que la incompatibilidad en el cacao (*Theobroma cacao* L) es de tipo esporofítica al observar pistilos de flores polinizadas manualmente pero no fecundadas, pues el polen no desarrolla el tubo polínico para su ingreso al ovario.

Palabras claves: Biología floral, sitio de incompatibilidad.

ABSTRACT.

The research project was carried out in the experimental farm "La Represa", owned by Quevedo State Technical University (UTEQ), located in Recinto Fajita, kilometer 7.5 of Vía San Carlos, in Quevedo, in the province of Los Ríos. The objective was to evaluate the relationship between floral morphology and genetic compatibility in 13 elite cocoa clones (*Theobroma cacao* L.). An incomplete diallel design was used. To evaluate the auto compatibility and cross-compatibility of the clones. For the study of floral biology, a Completely Random Design (DCA) was used with three observations; The variables evaluated were: peduncle length (LP), sepals length (LS), septal width (AS), petal length (LPE), petal width (AP), staminoid length (LE), pistil length (LPI) and flower weight (PF); The site of incompatibility was also studied. The analysis of the variance was used for the statistical analysis of the data and for comparisons of means the Tukey test was used at 5% probability. As conclusion, it was obtained that the clone that presented the greater percentage of auto compatibility was the T12. DICYT 214, National type, while for cross-compatibility the DICYT-29 X DICYT-67 crossing was highlighted. Also, the compatibility was related to the morphological variables of the broad flower of petal and pistil length, which allows to suspect that those clones that present these structures of greater size facilitate their pollination. It was also confirmed that the incompatibility in cocoa (*Theobroma cacao* L) is of sporophytic type when observing pistils of flowers pollinated manually but not fertilized, since the pollen does not develop the pollen tube to enter the ovary

Keywords: Floral biology, incompatibility site.

ÍNDICE

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO ACADÉMICO. ..	iv
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO.	v
DEDICATORIA.	vi
RESUMEN.	vii
ABSTRACT.	viii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.	8
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. El cacao.....	10
2.2.1.1. Taxonomía.....	10
2.2.1.2. Botánica.....	11
2.2.1.3. Diversidad del género <i>Theobroma</i>	11
2.2.1.4. Tipos de cacao en el Ecuador.....	12
2.2.1.5. Reproducción.	13

2.2.1.6.	Factores que afectan a la reproducción.	14
2.2.1.7.	Zonas productoras de cacao en el Ecuador.	20
2.2.1.8.	Estudios sobre compatibilidad genética.	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		25
3.1.	Localización y duración del experimento.....	26
3.2.	Tipo de investigación.....	26
3.3.	Métodos de investigación.	26
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	26
3.5.	Diseño de la investigación.....	27
3.6.	Instrumentos de investigación	27
3.6.1.	Identificación de los clones	27
3.6.2.	Poda sanitaria.....	28
3.6.3.	Riego.....	28
3.6.4.	Fertilización	28
3.6.5.	Técnicas de auto polinización y polinización cruzada	28
3.6.6.	Variables a evaluar	29
3.6.6.1.	Auto- compatibilidad y compatibilidad cruzada	29
3.6.6.2.	Sitio donde se produce la incompatibilidad.	29
3.6.6.3.	Longitud del pedúnculo (mm).....	29
3.6.6.4.	Longitud y ancho del sépalo (mm).....	29
3.6.6.5.	Longitud y ancho del pétalo (mm).	29
3.6.6.6.	Longitud del estaminoides (mm).....	30
3.6.6.7.	Longitud de pistilo (mm).....	30
3.6.6.8.	Peso de la flor (g).	30
3.7.	Tratamiento de los datos.....	30
3.8.	Recursos humanos y materiales.....	31
3.8.1.	Material genético.	31

3.8.2. Materiales de campo.....	32
3.8.3. Materiales de oficina.	32
3.8.4. Equipos.	33
3.8.5. Materiales de Laboratorio.....	33
3.8.6. Sustancias y reactivos.	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Compatibilidad.	35
4.1.1. Auto-compatibilidad.....	35
4.1.2. Compatibilidad cruzada.....	36
4.2. Variables Relacionadas con la Morfología Floral.	38
4.2.1. Longitud del pedúnculo (mm).	38
4.2.2. Longitud de sépalo (mm).....	39
4.2.3. Ancho de sépalo (mm).....	39
4.2.4. Longitud de pétalo (mm).	40
4.2.5. Ancho de pétalo (mm).	41
4.2.6. Longitud del estaminoides (mm).....	42
4.2.7. Longitud de pistilo (mm).....	43
4.2.8. Peso de la flor (g).....	45
4.3. Matriz de correlación.....	47
4.4. Sitio de la incompatibilidad.....	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones.	53
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....	54
6.1. Literatura citada.	55
CAPÍTULO VII. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINAS
1.	Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa”.....	26
2.	Diseño de cruzamiento dialélico incompleto de clones élites de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa”.....	27
3.	Esquema del Análisis de Varianza del DBCA	30
4.	Esquema del Análisis de Varianza del DCA	31
5.	Descripción de los tratamientos.....	32
6.	Auto compatibilidad (%) registrada en 13 clones élites de cacao Tipo Nacional en la Finca Experimental La Represa, 2017.....	35
7.	Compatibilidad cruzada (%) registrada en 13 clones élites de cacao Tipo Nacional en la Finca Experimental La Represa, 2017.	36
8.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de pedúnculo evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	39
9.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud y ancho de sépalos evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	40
10.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud y ancho de pétalos evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	41
11.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de estaminoides evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	42
12.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de pistilo evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	43
13.	Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Peso de la flor evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.....	44
14.	Matriz de correlación.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINAS
1.	Ciclo de vida de las angiospermas.....	16
2.	Descripción morfológica floral.....	20
3.	Incompatibilidad esporofítica registrado en el cruce 217 x 51.....	46
4.	Incompatibilidad esporofítica registrado en el cruce 186 x 186.....	46
5.	Selección e identificación de los clones de cacao para la investigación.....	60
6.	Labores culturales fertilización y deschuponado realizadas en los clones de cacao	61
7.	Ubicación, selección y tapado de flores.....	61
8.	Polinización manual o controlada en flores de cacao.....	62
9.	Confirmación de fecundación de flores.....	62
10.	Caracterización morfológica de flores de cacao.....	63

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO		PÁGINAS
1.	Análisis de varianza para la variable auto compatibilidad	55
2.	Análisis de varianza para la variable compatibilidad cruzada	55
3.	Análisis de varianza de la variable longitud de pedúnculo registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	55
4.	Análisis de varianza de la variable longitud de sépalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	55
5.	Análisis de varianza de la variable ancho de sépalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	56
6.	Análisis de varianza de la variable longitud de pétalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	56
7.	Análisis de varianza de la variable ancho de pétalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	56
8.	Análisis de varianza de la variable largo de estaminoides registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	56
9.	Análisis de varianza de la variable largo de pistilo registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	56
10.	Análisis de varianza de la variable peso de la flor registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.	57

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Relación de la morfología floral con la compatibilidad genética en 13 clones élites de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)”	
Autor:	Segovia Montesdeoca Verónica del Cisne	
Palabras clave:	Biología floral	Sitio de incompatibilidad.
Fecha de publicación:		
Editorial:		
Resumen:	<p>El proyecto de investigación se realizó en la finca experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el Recinto Fanta, kilómetro 7.5 de la Vía San Carlos, perteneciente al cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. El objetivo fue evaluar la relación entre la morfología floral y la compatibilidad genética en 13 clones élites de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.). Se utilizó un arreglo dialéctico incompleto en un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Para evaluar la auto compatibilidad y compatibilidad cruzada de los clones. Sin embargo, para el estudio de la biología floral se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres observaciones; las variables evaluadas fueron: longitud del pedúnculo (LP), longitud de sépalos (LS), ancho del sépalo (AS), longitud de pétalos (LPE), ancho del pétalo (AP), longitud del estaminoides (LE), longitud de pistilo (LPI) y el peso de la flor (PF); También se estudió el sitio de la incompatibilidad. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el análisis de la varianza y para comparaciones de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Como conclusión se obtuvo que el clon que presentó el mayor porcentaje de auto compatibilidad fue el T12. DICYT 214, tipo Nacional, mientras que para compatibilidad cruzada se destacó el cruce DICYT – 29 X DICYT-67. Así mismo, la compatibilidad estuvo relacionada con las variables morfológicas de la flor ancho de pétalo y longitud de pistilo, lo que permite sospechar que aquellos clones que presentan estas estructuras de mayor tamaño facilitan su polinización. Así mismo se logró corroborar que la incompatibilidad en el cacao</p>	

	<p>(<i>Theobroma cacao</i> L) es de tipo esporofítica al observar pistilos de flores polinizadas manualmente pero no fecundadas, pues el polen no desarrolla el tubo polínico para su ingreso al ovario.</p> <p>ABSTRACT.- The research project was carried out in the experimental farm "La Represa", owned by Quevedo State Technical University (UTEQ), located in Recinto Faita, kilometer 7.5 of Vía San Carlos, in Quevedo, in the province of Los Ríos. The objective was to evaluate the relationship between floral morphology and genetic compatibility in 13 elite cocoa clones (<i>Theobroma cacao</i> L.). An incomplete diallel design was used. To evaluate the auto compatibility and cross-compatibility of the clones. For the study of floral biology, a Completely Random Design (DCA) was used with three observations; The variables evaluated were: peduncle length (LP), sepals length (LS), sepal width (AS), petal length (LPE), petal width (AP), staminoid length (LE), pistil length (LPI) and flower weight (PF); The site of incompatibility was also studied. The analysis of the variance was used for the statistical analysis of the data and for comparisons of means the Tukey test was used at 5% probability. As conclusion, it was obtained that the clone that presented the greater percentage of auto compatibility was the T12. DICYT 214, National type, while for cross-compatibility the DICYT-29 X DICYT-67 crossing was highlighted. Also, the compatibility was related to the morphological variables of the broad flower of petal and pistil length, which allows to suspect that those clones that present these structures of greater size facilitate their pollination. It was also confirmed that the incompatibility in cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L) is of sporophytic type when observing pistils of flowers pollinated manually but not fertilized, since the pollen does not develop the pollen tube to enter the ovary.</p>
Descripción:	
URI:	

Título:

“RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA FLORAL CON LA
COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN 13 CLONES ÉLITES DE
CACAO (*Theobroma cacao* L.)”

Introducción.

El Cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol nativo de los bosques húmedos de Sur América, originario de los bosques tropicales de la Región Amazónica de Perú, Colombia y Ecuador, en estos sitios se han reportado una alta diversidad genética (1) (2).

Ecuador ocupa el séptimo lugar como país productor mundial de cacao (3), sus exportaciones alcanzan un volumen total de 260 mil toneladas métricas, los semielaborados durante el 2015 fueron lideradas por Licor de cacao con un 47%, polvo de cacao representó un 26%, la manteca de cacao representando el 22%, mientras que la torta de cacao representó el 4% anual. Las exportaciones de la PEPA DE ORO en un 39% estuvieron destinadas a los Estados Unidos de Norte América con 91.3 mil toneladas métricas, mientras que Chile se mantiene como primer socio comercial para las exportaciones de los semielaborados ecuatorianos de cacao con el 12% de participación equivalente a 2.2 mil toneladas métricas (4).

Los principales grupos de cacaos lo constituyen: Los criollos el cual es el primer grupo de cacao domesticado del mundo que se caracterizan porque sus estructuras florales son blancas y pequeñas, sus estaminoides de color rosa pálido; los forasteros se identifican por la coloración violeta de sus estaminoides y los trinitarios por tener sus estructuras florales mucho más grandes que los anteriores, y sus estaminoides de color rosado pálido lo que ha originado una amplia diversidad genética floral en esta especie (5) (6).

En el cultivo están presentes numerosos factores que limitan la producción tales como genéticos, ecológicos, fisiológicos, patogénicos y culturales. En los factores genéticos existen barreras que impiden el proceso normal de fecundación de la flor, denominada incompatibilidad, siendo este uno de los problemas con mayor grado de complejidad ya que reduce el potencial de rendimiento del cultivo en condiciones de campo (7).

Existe un aspecto muy importante en la producción de flores que establecen mazorcas en el cacao que, generalmente es muy bajo llegando a tener una tasa efectiva de 0.5 a 5% (8), especialmente en arboles con auto-incompatibilidad, mientras que en los árboles auto-compatibles se puede alcanzar hasta el 43% (9). La calidad de la polinización puede depender de dos factores, el grado de compatibilidad del polen y el número de granos de polen depositados en el estigma (10).

Varias especies de plantas han desarrollado adaptaciones morfológicas, como la separación espacial de los pistilos y estambres (hercogamia) y adaptaciones fisiológicas como la maduración diferencial de los órganos reproductivos (dicogamia), con la finalidad de promover la polinización cruzada. Sin embargo, estas barreras no son del todo eficientes, porque la restricción del flujo de polen entre individuos relacionados genéticamente es limitada (11).

En la presente investigación se logró caracterizar la morfología floral de un grupo de clones colectados de una población Nacional x Trinitario, así mismo, estudiaron los factores que interfieren en la libre polinización como lo son: incompatibilidad e auto-incompatibilidad, que afectan los rendimientos del cultivo.

CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Los arboles de cacao producen un gran número de flores el cual solamente llega a fecundar un 5% debido a factores de incompatibilidad y otros factores que impide la fecundación pueden llegar a ser agentes transmisión del polen, la estructura de la flor y su biología estos fenómenos se ven reflejados en el número de mazorcas producidas y cosechadas.

Las flores poseen estructuras de diversos tamaños lo cual dificulta la polinización por los insectos ya que su polen es pegajoso y no puede ser transferido por medio del viento, la flor provee néctar en cantidades reducidas que está disponible únicamente en cortos periodos de tiempo, para insectos diurnos de tamaño pequeño, quienes a cambio contribuyen con el proceso de polinización en el momento en el que la flor esta lista para ser fecundada.

Diagnóstico.

El cultivo de cacao es uno de los principales rubros que tiene el Ecuador, sin embargo, últimamente se ha incrementado la superficie del cultivo con la variedad de cacao trinitario CCN-51, afectando el escenario productivo del cacao fino de aroma provocando baja productividad, debido a la falta de labores de mantenimiento, y la incompatibilidad genética de algunos clones que reducen la productividad a pesar de ser símbolo de calidad a nivel mundial y por lo que el Ecuador se ha posicionado como referente cacaotero.

Pronóstico.

Se realizó el estudio de los caracteres morfológicos florales y factores genéticos en clones élites de cacao se pronostica lo siguiente:

Al menos cinco de los 13 clones elites de cacao presentaran diversidad genética y morfología floral adecuada, que guardará relación positiva con la producción en una población Nacional x Trinitario, determinando, los factores que interfieren en la libre polinización como lo son: incompatibilidad e auto-incompatibilidad, que afectan los rendimientos del cultivo.

1.1.2. Formulación del problema.

Se identificaron los factores que influyen en la libre polinización de una población de cacao Nacional x Trinitario planteándose la siguiente pregunta:

¿Cómo influye la morfología floral en la producción de una población selecta de clones de cacao tipo Nacional x Trinitario?

1.1.3. Sistematización del problema.

El presente proyecto lleva a plantear las siguientes preguntas:

- ¿Cómo determinar los factores genéticos que influyen en la fecundación de los clones élites de cacao? ¿es posible establecer el sitio de incompatibilidad genética?
- ¿Cómo es posible determinar la relación entre la morfología floral y la fecundación de las flores en clones élites de cacao?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la relación entre la morfología floral y la compatibilidad genética en 13 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la compatibilidad responsable de la fecundación en 13 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su relación con la morfología floral en la finca experimental “La Represa”.
- Identificar la incompatibilidad genética in situ.

1.3. Justificación.

El cultivo de cacao representa en el Ecuador un rubro importante ya que en nuestro país sobrepasa las 100 mil toneladas anuales, las que son cultivadas en más de 400000 ha de superficie sembrada y genera más de 500000 fuentes de empleo directa e indirectamente, la exportación representa el 6.7% del Producto Interno Bruto (12)

El estudio de la diversidad genética de la flor, ayudo a identificar cultivares con estructuras florales ideales que alcancen polinizaciones naturales o artificiales efectivas, reconocidos por atributos comerciales que tengan tendencia a aumentar la producción generando ingresos adicionales al considerar factores genéticos en los clones en estudio. A esto se suma la selección de nuevos clones con características genéticas importantes como lo es la compatibilidad genética entre clones del mismo tipo y entre clones diferentes.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Variabilidad genética.

Se refiere a la variación en el material genético de una población o especie, e incluye el genoma nuclear, mitocondrial y ribosomal, además de los genomas de otros orgánulos (13).

Diversidad genética.

La diversidad genética en sentido amplio es el componente más básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie (14).

Factores genéticos.

La razón por la cual una selección produce más que otra se debe en algunas veces a un factor genético de fácil identificación, como, por ejemplo, la resistencia a una enfermedad, pero a menudo se trabaja por prueba y error, sin conocer la manera de actuar de los factores que está seleccionando. Cuando se habla de factores genéticos, generalmente se refiere a la complejidad de caracteres hereditarios que están controlando directa o indirectamente la producción, pero sin precisar la naturaleza de sus caracteres (15).

Clon.

Organismo que es copia genética exacta de otro organismo. Dicha copia se desarrolla a partir de una o varias de las células del organismo progenitor a través de la propagación vegetativa sin que intervenga la reproducción sexual (16).

Polinización.

Es un servicio ecosistémico que consiste en la transferencia de polen desde la antera, hacia el estigma, de una o de diferentes flores (17), la polinización es básicamente entomófila debido a que el polen es pegajoso y no se mueve fácilmente con el viento o la lluvia. Además, la arquitectura de las estructuras florales dificulta la llegada de polen al estigma de la flor por esas vías (18) (19).

Polinización manual.

Conociendo la estructura de la flor del cacao y sus órganos masculino y femenino, se toma una flor padre, a esta se le quita los pétalos para dejar descubierto las anteras donde se encuentra el polen, en la flor madre se retiran los estaminoides dejando libre al estigma, se frota las anteras en el estigma dejando los granos de polen, así se da paso a la fecundación manual (20).

Flor auto compatible.

Son aquellas que son fecundadas con el polen de la misma flor o de distintas flores del mismo árbol (21).

Esta se da cuando es recogido el polen de la antera de una flor, y es llevado hasta el estigma de otra flor del mismo árbol, ingresando por el estilo hasta el ovario y fecundar los óvulos, se realiza el cuaje del fruto (20).

Flor auto incompatible.

Son aquellas que son fecundadas con el polen de distintas flores de árboles vecinos, esto se dice que es un cruce intercompatible (21).

Flor inter incompatible.

Esto se da cuando la flor no es fecundada con el polen del mismo árbol o de otros árboles, esta se marchita y cae, por ello no es compatible (21).

Esta se realiza cuando es trasladado el polen de la antera de un árbol, hacia el estigma de la flor de otro árbol, ingresando por el estilo al ovario (20).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. El cacao.

El nombre científico del árbol de cacao es *Theobroma cacao* L, el cual proviene de la lengua griega y significa “alimento de dioses” y la letra L, al final corresponde a la persona que la clasifico Carlos Linneo (22). Es nativo del trópico americano proviene de la cuenca amazónica, bordeando zonas del Ecuador y Colombia, se dispersó a lo largo de la cordillera andina, hasta el Caribe y el Pacífico (2).

El cacao fue cultivado por los mayas, cuya semilla tostada y molida usaron para elaborar bebidas de chocolate y su consumo estuvo asociado con riqueza y poder. Los mayas establecieron las primeras plantaciones cacaoteras en CentroAmérica (23).

2.2.1.1. Taxonomía.

La clasificación botánica más aceptada para el cacao es la siguiente (24):

Reino:	Plantae (plantas)
Subreino:	Tracheobionta (plantas vasculares)
División:	Magnoliophyta (plantas con flores, angiospermas)
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Malvales
Familia:	Sterculiaceae
Subfamilia:	Byttnerioideae
Género:	<i>Theobroma</i>
Especie:	<i>cacao</i> L

2.2.1.2. Botánica.

Árbol de tamaño mediano (5-8 m). su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. tronco que se puede desarrollar en forma muy variada, según las condiciones ambientales (25).

Sistema radicular raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias (25).

Hojas son simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto (25).

Flores son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro, y de las ramas. Las flores se abren durante la tarde y puede ser fecundada durante toda la mañana siguiente (25).

Fruto habitualmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo (25).

2.2.1.3. Diversidad del género *Theobroma*.

- *T. bicolor*.

Conocida en algunos lugares como pataxte, pataste, patashe o cacao cimarrón. Su distribución en México, incluye los estados de Chiapas, Oaxaca y Tabasco; y a nivel mundial, se ha reportado su presencia en Colombia, Venezuela y Brasil. Actualmente, se le encuentra asociado a cacaotales o traspatio, ya que no existen plantaciones comerciales.

Los frutos de *T. bicolor* son los más grandes del género *Theobroma* L., de entre 25 a 35 cm de largo por 12 a 15 cm de ancho, llegando a pesar entre 0.5 a 3.0 kg. La cáscara es leñosa y dura (26). Este árbol produce aproximadamente 15 a 40 frutos por cosecha y está compuesto por 23.76% de pulpa, 62.54% de cáscara y 13.70% lo constituyen el peso de las semillas (26) (27) (28).

- ***T. grandiflorum.***

El cupuazú (*Theobroma Grandiflorum*) es una planta de mediano porte que pertenece a la familia de las esterculiáceas, la misma del Cacao y que puede alcanzar hasta 20 m de altura (29).

La fruta del cupuaçu representa una fuente primaria de alimento para los pobladores de la floresta Amazónica del Brasil, como para los animales de la región. Esta fruta es reconocida por su pulpa cremosa y por su sabor exótico, muy utilizado en el Brasil y el Perú para la fabricación de jugos, helados, mermeladas, jaleas, entre otros productos (30).

La fruta tiene una forma elíptica, semejante al fruto del cacao, su pulpa es delicadamente fibrosa de sabor ácido-dulce y aroma agradable. Debido a las óptimas características para industrialización, además del aroma y sabor inigualables está despertando gran interés en el mercado nacional e internacional (30).

2.2.1.4. Tipos de cacao en el Ecuador.

Todos los cultivares de cacao se clasifica en una sola especie *Theobroma cacao* y esta subdividida en tres grupos bien diferenciados (formas, tipos y variedades) de cacao: forastero, criollo y trinitario que es un híbrido de forastero y criollo (31).

- **Forastero.**

Este grupo ahora forma la mayor parte de todos los árboles del cacao cultivados. Es un árbol robusto y vigoroso, la producción de granos de con un sabor fuerte. Amelonado, con una mazorca de color amarillo suave y con mayor número de granos de color morado oscuro, esta variedad forastera es la que más se cultiva en África Occidental y Brasil. Hoy en día, el forastero se refiere principalmente al cacao que tiene su ascendencia de la cuenca alta del Amazonas. A través del comercio, este cacao se ha extendido a gran parte del mundo de cacao de cultivo, incluyendo África (32).

Hoy en día, los mayores productores de estos granos de cacao son Costa de Marfil y Ghana, donde Forastero se estableció muy temprano en el comercio del cacao. Debido a esto y la resistencia a enfermedades de esta variedad, los principales países productores crecen principalmente forastero (32).

- **Criollo.**

Los árboles no son tan resistentes y producen mazorcas más suaves, que contiene 20-30 granos de color púrpura. El cacao criollo tiene típicamente mazorcas de color rojo o amarillo. Las mazorcas tienen una piel llena de surcos con extremos en punta. Los granos, por otra parte, varían de púrpura claro a color blanco, son gruesas y llenas. En general, se considera que los granos de cacao criollo a tener un sabor más fino que el de otras variedades de cacao (32).

- **Trinitarios.**

Es resultado de la hibridación entre los cacaos criollos y forasteros. Comprenden formas híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre los criollos y forasteros. Son árboles de gran vigor, alta producción y resistencia a enfermedades. Las mazorcas y sus semillas presentan una amplia variabilidad tanto de color y tamaño; los cacaos trinitarios se pueden encontrar en México, América Central, Trinidad, Colombia, Ecuador, Venezuela y África (32).

- **Nacional.**

Una primitiva población cultivada de *Theobroma cacao* L variedad conocida como Nacional existe en la región costa del Pacífico de Ecuador, aunque su origen exacto se desconoce, se considera como nativo de este país (33) (34).

Durante principios de 1600 hubo pequeñas plantaciones de la variedad de cacao Nacional en las orillas del río Guayas que se propagan en sus afluentes (35): Daule y Babahoyo (ríos hacia arriba) que se originó el nombre de "arriba". Esta variedad se desarrolla un fuerte aroma floral en todo el mundo conocido también como el sabor "arriba" en los mercados internacionales. Esta calidad es muy apreciada para hacer chocolates finos y se produce exclusivamente en Ecuador y considerada como una llave estratégica para su desarrollo económico (36).

2.2.1.5. Reproducción.

Existen 2 tipos de reproducción: vegetativa o asexual y sexual o generativa. La reproducción asexual no implica la unión de células, y en ella los individuos se desarrolla para dar otros idénticos a ellos. La reproducción sexual implica la unión de células germinales especiales, los gametos. Además, genera variabilidad genética debido a la meiosis (37).

- **Reproducción asexual o vegetativa.**

Las plantas propagadas sexualmente constituyen un clon. Todas las plantas que forman un clon son genéticamente idénticas en herencia y tienen la misma característica de las plantas progenitoras originales. Esto significa que una variedad puede conservar perfectamente todas sus características, aun cuando tal variedad sea totalmente heterocigoto, de modo que, si se presenta una mutación o un crecimiento favorable, se puede seleccionar un inmediato y sostenerla como variedad (38).

La propagación se divide en 2 subclases: vegetativa natural y propagación vegetativa artificial:

Propagación vegetativa natural es de varios tipos según la parte de la planta que intervenga. Las más comunes son por: tallos, bulbos, raíces y hojas.

Propagación vegetativa artificial se lo realiza para obtener cosechas de mejor calidad y con mayor cantidad. Algunos de estos tipos más comunes de reproducción vegetativa son: por estacas, acodo e injerto (39).

- **Reproducción sexual.**

En las plantas, los gametos masculinos y femeninos son producidos por un mismo individuo (especies monoicas) o por dos diferentes (dioicos). La fusión de los gametos implica el desplazamiento de por lo menos uno de ellos, pudiendo establecerse una relación entre el modo de desplazamiento de los gametos y la naturaleza del medio en el que viven las plantas: medios acuáticos o medio terrestre. Aun en un mismo medio determinado, los modos de fecundación son diferentes (40).

Dicho desplazamiento se da generalmente por una "mosquita" (*Forcipomya* spp, *Ceratopogonidae*), que se ha encontrado en todas las áreas donde se cultivan cacao. Los áfidos y varias especies de hormigas (*Crematogasters.* y *Ectatomma tuberculatum*) también efectúan la polinización (41).

2.2.1.6. Factores que afectan a la reproducción.

Factores Ambientales.

Temperatura. - La mejor temperatura media anual para el cultivo comercial del cacao se ubica en 25° C. Un rango de temperaturas media mensual entre 24 y 26° C es óptimo para

su producción económica. La temperatura media anual mínima para cultivar comercialmente el cacao es de 21° C. En cualquier sitio con temperaturas medias diarias inferiores a 15° C la siembra comercial de cacao no es recomendable. El cultivo no soporta temperaturas mínimas absolutas de 10° C o menos en cualquier día (42).

La formación de flores cae drásticamente si la temperatura promedio mensual baja de 22° C. alrededor de los 25° C el nivel de floración es normal, aunque el desarrollo del fructificación depende de la superficie disponibilidad de agua en el suelo (42).

Humedad. - la humedad relativa es el porcentaje de vapor de agua que contiene la atmosfera factor que ejerce gran influencia sobre el potencial hídrico de las plantas. Es usual que en las zonas cacaoteras la humedad relativa llegue al 100% en la noche y baje el 70% durante el día en promedios de humedad relativa entre el 70 y 85% son normales para las huertas de cacao. Si el promedio es superior al 85% aumenta el riesgo de incidencia de enfermedades y la presencia de plantas parasitas que viven del árbol y con promedios inferiores al 70% de humedad relativa, la planta pierde más agua por transpiración siendo una desventaja (42).

Precipitación. - las zonas cacaoteras se encuentran en zonas con precipitaciones anuales entre 1250 y 3000 mm anuales. El rango para su mejor desempeño comerciales entre 1500 y 2000 mm. Para el desarrollo del máximo potencial productivo del cacao, la estación seca no debería ir más allá de tres meses continuos con menos de 100 mm de lluvia con precipitaciones superiores a 2500 mm aumenta el riesgo de incidencia de enfermedades y de saturación de agua en el suelo si la precipitación está por debajo de los 1200 mm el cacao se cultiva con éxito solo aplicando riego suplementario (42).

Cuando las plantas de cacao se someten a un largo periodo de estiaje, la floración se inhibe y después de un largo periodo de lluvia, la floración de cacao se ve estimulada (42).

La luminosidad. - la luz en el cacao se puede ver desde dos puntos de vista: calor e iluminación. El calor se relaciona con el desarrollo de los tejidos, mientras que la iluminación influye en la capacidad de la planta para producir energía, la respiración de las hojas y el crecimiento de tallos, hojas, raíces y cojines florales (43).

La cantidad de luz del sol está relacionada con la necesidad de nutrientes y con la fertilidad del suelo. Tiene consecuencias importantes en la capacidad de floración y producción de la planta. Se sabe que un cacaotal con mucha sombra (poca luz) no forma flores y, por tanto, no forma mazorcas (43).

Viento. – el cacao es una planta muy sensible al viento. A medida que la velocidad del viento se incrementa aumenta la transpiración y probabilidades de daño directo a las hojas, la duración e intensidad de viento puede variar de un lugar a otro y el principal efecto de los vientos fuertes es que causan defoliación del cacao (43).

En áreas expuestas a vientos frecuentes, el cultivo requiere de cortinas rompe-viento para su desarrollo normal. Estas deben alinearse de manera perpendicular a la dirección del viento y tener en cuenta la topografía del terreno (43).

Factores Genéticos.

Las angiospermas representan el grupo más importante de las plantas vasculares. Su gran diversidad, amplia masculino (estambres) en la misma flor. La cercanía de estas estructuras aumenta la probabilidad de autopolinización y, por ende, de autofecundación. Para regularla, el pistilo juega un papel esencial, ya que además de recibir al polen en la superficie de su estigma, permitir su hidratación, su germinación y la nutrición y conducción de los tubos polínicos al ovario, también sintetiza factores que ayudan a reconocer y discriminar el polen producido por la misma planta de aquel que proviene de individuos genéticamente relacionados y de otras especies (44).

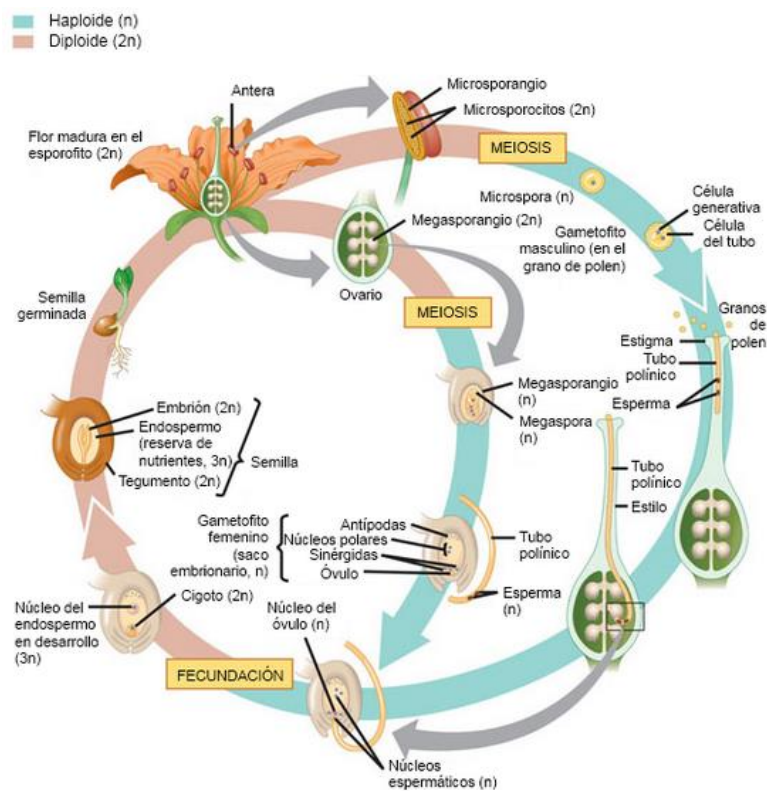


Figura 1. Ciclo de vida de las angiospermas

Cacao tiene el fenómeno de incompatibilidad sexual, que se manifiesta cuando un polen de flores o en una planta no puede fertilizar los huevos de flores de la misma planta (autoincompatibilidad) u otras plantas (incompatibilidad cruzada). Por lo tanto, las plantas de cacao tienen la necesidad de autofecundación o la polinización cruzada, que se realiza por micro moscas *Forcipomya*, y no hay polinización apropiado, el cultivo no produce satisfactoriamente (45).

La incompatibilidad se puede clasificar de acuerdo al fenotipo al cual sea incompatible el polen, pudiendo ser gametofítica o esporofítica (45).

Incompatibilidad gametofítica.

En la incompatibilidad genética la autofecundación y la fecundación entre parientes se encuentra impedida por la presencia de genes de incompatibilidad genética., de manera que ocurre incompatibilidad entre el polen y el pistilo cuando se comparten los mismos alelos de incompatibilidad. Es denominada también como incompatibilidad gametofítica, puesto que depende de la constitución genética del gametofito masculino. El polen puede germinar, pero el crecimiento del tubo polínico es detenido después de su penetración en el estilo (45).

El sistema gametofítico presenta tres tipos incompatibilidad:

Incompatibilidad completa; la cual ocurre entre las plantas con igual genotipo de incompatibilidad, incluyendo la autopolinización (45).

$S1 S2 \times S1 S2$	$S1 S1 \times S1 S1$
100% incompatible	100% Incompatible

O la polinización de un homocigoto cualquiera como padre con un heterocigoto como madre que tenga un alelo en común con el homocigoto (45).

$S1 S2 \times S1 S1$
100% incompatible

Incompatibilidad incompleta: la mitad del polen es compatible, es decir que las plantas tienen un alelo de incompatibilidad en común (45).

$S1 S2 \times S1 S3$

$$S1 S3 + S2 S3$$

Incompatibilidad completa: cuando las plantas tienen alelos diferentes.

$$S1 S2 \times S3 S4$$

$$S1 S3 + S2 S3 + S1 S4 + S2 S4$$

Incompatibilidad esporofítica.

La autoincompatibilidad esporofítica es de tipo bioquímico, ya que depende de la pared del grano de polen, que es de origen esporofítico. Para que el grano de polen pueda germinar, debe adherirse al estigma, lo que ocurre solamente cuando hay compatibilidad entre las proteínas de reconocimiento que se encuentran en la esporodermis, y los receptores que existen en el estigma (45).

De este modo, el fenotipo del polen es determinado por la constitución genética del esporófito o de la planta diploide sobre la cual el polen nace (45).

Algunas reacciones de incompatibilidad en cruzamientos entre varios genotipos de cacao son los siguientes:

$S1 S2 \times S1 S2$	$S1 S2 \times S1 S3$	$S1 S2 \times S3 S4$
$S1S1+S2S2+S1S2+S2S2$	$S1S1+S2S1+S1S3+S2 S3$	$S1S3+S2S3+S1S4+S2S4$
25% incompatible	25% incompatible	100% compatible

Biología floral del cacao.

Las flores de cacao nacen agrupadas en sectores especializados que se denominan cojines florales. Estos están localizados alrededor del punto de inserción de las hojas, tanto en el tronco como en las ramas. Típicamente el cacao es cauliflor, es decir que sus flores se desarrollan en el tronco principal (19). La flor se abre de 20 a 25 días después de aparecer el diminuto botón floral y de no ser fecundada o por problemas de incompatibilidad genética, esta cae después de tres días (46).

Una planta de cacao produce en promedio 4554 ± 687 flores en seis meses, en donde la polinización efectiva, que posteriormente formará un fruto, es de solo el 5.2% (46).

La flor del cacao es hermafrodita o perfecta ya que posee todas las estructuras masculinas y femeninas; su longitud varía de 1 a 3 centímetros, con un diámetro que fluctúa entre 0.5 y 1 centímetro; su fórmula floral es (47):

*;S5; P5; E5 + 5°; G(5); baya

*: Flor con estructura radial.

S5: Cáliz formado por cinco sépalos carnosos de color blanco o rosado fusionados en la base, se abren para formar una base que protege el resto de la estructura floral (48).

P5: La corola posee 5 pétalos, de 6 a 9 milímetros que están alternados con los sépalos y presentan una estructura a manera de pliegue denominada cógula o concha que es de color blanco y posee dos nervaduras que le dan resistencia. Esta estructura funciona como una capsula que cubre a las anteras (48).

E5 + 5°: Corresponde al androceo o parte masculina de flor, está conformado por 5 estambres fértiles y 5 estaminodios alargados que rodean y protegen al pistilo. Los estambres están protegidos por una estructura capsular denominada cógula. Las anteras poseen 4 sacos de polen con dehiscencia longitudinal (48).

G (5): El órgano femenino de la flor o gineceo está formado por el pistilo el cual tiene tres partes (estigma, estilo y ovario). El ovario es súpero y está compuesto por 5 carpelos con una placenta central conectada a los óvulos que pueden estar en un número de 30 a 50 (48).

Descripción morfológica floral.

La flor del cacao está conformada por las siguientes partes (Figura 2)

Estaminoides: Protegen a la parte femenina de la flor y atraen a los insectos polinizadores

Estigma: Es la parte que recibe los granos de polen.

Ovario: Parte de la estructura femenina que da origen al fruto.

Óvulos: Cada uno será una nueva semilla. Cada flor tiene entre 35-50 óvulos.

Estambres: Son la parte masculina de la flor y contienen los granos masculinos.

Polen: Es el encargado de fecundar los óvulos.

Sépalos: Están en la base de la flor y protegen a las demás partes.

Pétalos: Protegen a los estambres donde se encuentra el polen.

Pedicelo: Conecta la flor con el tronco y es por donde pasaran los alimentos para la futura mazorca (49)

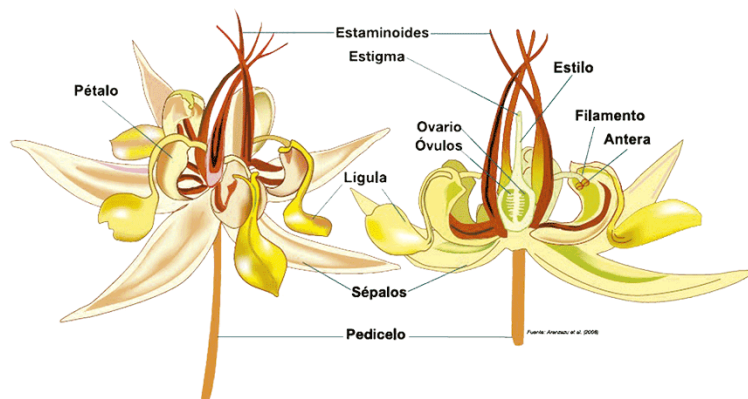


Figura 2. Descripción morfológica floral.

2.2.1.7. Zonas productoras de cacao en el Ecuador.

La producción de cacao en el año 2014, sigue su tendencia de crecimiento, debido a que las plantaciones recibieron mantenimiento y rehabilitación dentro del “Proyecto de Rehabilitación de Cacao” que emprendió tanto el BNF que actualmente es Ban Ecuador, como el MAGAP. La encuesta se la realizó en las provincias de: Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo de Los Tsáchilas, Azuay, El Oro y Cañar (50).

Los rendimientos alcanzados, en la provincia de Manabí: 1380-1610 kg/ha/año de la variedad CCN-51 y 690 kg/ha/año cacao nacional. De igual manera en la provincia del Guayas, se obtuvo rendimientos promedio de 1610 kg/ha CCN-51. En la provincia de Los Ríos se obtuvo una mayor producción del CCN-51 con un promedio de 1840 kg/ha/ año y 690 kg/ha de nacional (50).

Por el contrario, en la provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas la producción de cacao los agricultores lograron en promedio 920 kg/ha CCN-51 (50).

Las producciones de cacao en estos sectores de la provincia de Azuay lograron 1150 kg/ha/año de la variedad CCN-51. El Oro en Arenillas, Lajas 1150 kg/ha (variedad CCN-51) y 690 kg/ha (cacao fino de aroma), en Pasaje, El Guabo, Machala 1150 kg/ha/año en Santa Rosa 1610 kg/ha (50).

En el cantón La Troncal los agricultores alcanzaron una producción promedio de 1610 kg/ha/año, de la variedad CCN-51 (50).

2.2.1.8. Estudios sobre compatibilidad genética.

Díaz, E y Urbina J, realizaron una investigación en el Estudio sobre la auto-intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS. Este trabajo se desarrolló con el objetivo de contribuir a evaluar la compatibilidad a nivel floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), mediante la compatibilidad a nivel de gameto a través polinización artificial. Los clones con los cuales se trabajó fueron: UF- 221, GS- 36, POUND - 12, PACAYA, UF-227). Dentro de los resultados encontrados, todos los clones muestran buena capacidad de auto-compatibilidad $\geq 30\%$ y de inter-compatibilidad $\geq 70\%$ a nivel floral (51).

Noriega, C. realizó una investigación en “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).” se realizaron 20 polinizaciones por cada material (clon) para realizar los cruzamientos y 20 autopolinizaciones entre los clones seleccionados, siguiendo el Sistema Dialélico incompleto. Los resultados fueron que los clones utilizados en las polinizaciones cruzadas resultaron intercompatibles, mientras que los clones EET-48 y EET-95 resultaron ser autoincompatibles. Por otro lado los clones EET-19, EET-62, EET-96, EET-103, EET-450, EET-454, EET-544, EET-558, EET-559, EET-575, EET-576, EET-577 resultaron ser autocompatibles (52).

Quiroz J, caracterizó molecularmente 63 genotipos de cacao nacional y de otros orígenes, de los cuales solo 51 clones fueron caracterizados morfológicamente debido a la falta de flores y frutos durante el periodo de evaluación, además, se incluyeron dentro de este estudio tres genotipos de referencia de los tipos genéticos Trinitario (UF-676), Forasteros Amazónico (Matina) y el Criollo (Criollo-36) (53)

Villegas, R. y Astorga, D, realizaron una investigación en Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. Usando 52 características cuantitativas y 30 cualitativas de flores, mazorcas, semillas y hojas, se estudiaron 73 genotipos de cacao Nacional Boliviano en nueve fincas de cuatro localidades del Alto Beni, Bolivia. Estas mismas características se midieron en cinco clones internacionales representativos del complejo Forastero- Trinitario (EET 400, OC 77, PA 121, ICS 1, TJ 1) (54).

Mendoza, C. en el 2015, realizó una investigación en COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO. Se realizaron auto polinizaciones en 64 clones de cacao tipo Nacional y Trinitario, polinizando en cada clon 10 flores. Registrando 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 como también compatibilidad, auto compatibilidad (55).

Ramírez y colaboradores, realizaron una investigación en IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN PARTICIPATIVA DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE TECPATÁN, CHIAPAS-MÉXICO. Es por ello que mediante la metodología de selección participativa implementada en el municipio de Tecpatán– Chiapas, se pretendió identificar y seleccionar materiales de cacao sobresalientes por sus características de calidad y productividad, permitiendo identificar y estudiar 47 árboles a los cuales se les realizó la descripción de 14 características de la flor, 13 del fruto, 7 de la semilla y 5 de la hoja, y se estimaron indicadores de índice de semilla, índice de mazorca y producción anual (56).

Phillips y colaboradores, realizaron un catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. En el documento se describe la estrategia de mejoramiento genético desarrollada por el CATIE y se indican las condiciones físicas, ambientales y agronómicas de los ensayos de campo involucrados en el proceso, así como las razones que justificaron la selección de los materiales y así mismo la caracterización de la morfología de los mismos (57).

Veliz evaluó la auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), con el fin de determinar la Auto-compatibilidad, la morfología de la flor y la calidad física pos-cosecha de las almendras de estos nuevos materiales, para la variable de porcentaje de polinización sobresalió el T5 con el 60 % de flores fecundadas, igualando el porcentaje del clon padre LR14; para las variables de morfología de la flor sobresalieron el T15 y T14 registrando un mayor tamaño 1.95 y 1.92 cm respectivamente, sienta esto relacionado directamente con las demás variables ya que a mayor tamaño de flor mayor será el peso, largo, ancho de pétalo, sépalo y largo de pedúnculo (58).

Rendón, J. y Cumana, L realizaron una investigación en la REVISIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO THEOBROMA (STERCULIACEAE) EN VENEZUELA *Theobroma cacao* L. es la especie más representativa del género y con mayor distribución, ubicándose desde los estados centro occidentales hasta el oriente del país. En el tratamiento taxonómico se indican las secciones acompañadas de claves, descripciones, ilustraciones con detalles de flores y frutos e información del uso (59).

Omolaja y colaboradores, realizaron un estudio en Instituto de Investigación del Cacao de Nigeria, Ibadan para determinar la influencia de la lluvia y la temperatura en la floración Intensidad de clones seleccionados del cacao del Alto Amazonas (*Theobroma cacao*), así como su fertilidad polínica. Ocho Clones de T. cacao fueron T17 / 11, T7 / 12, T12 / 5, T86 / 45, C23, C64, C77 y Pa 24. El resultado mostró que la intensidad de la floración fue regulada por precipitaciones y temperatura y variaron entre los ocho clones estudiados así mismo realizaron la caracterización de la misma (60).

Meza, G. realizo un estudio en “SISTEMA DE REPRODUCCIÓN SEXUAL Y MORFOLOGÍA FLORAL DE CINCO CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y DOS TRINITARIOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA REPRESA” El objetivo fue analizar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional: DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT-C-186 y DICYT-C-217 y dos Trinitarios: LR-35 y CCN-51. Se utilizó en la

investigación un diseño de cruzamientos dialélicos parcial. Para lograr el objetivo planteado se evaluó la eficacia reproductiva: Auto compatibilidad, compatibilidad cruzada, índice de compatibilidad; la biología floral de los clones: longitud del pedúnculo, longitud del sépalo, ancho del sépalo, longitud del pétalo, ancho del pétalo, longitud del estaminoide, longitud de pistilo, peso de la flor y área floral de la planta (61).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y duración del experimento.

La presente investigación se llevó a cabo en la finca experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el Recinto Fayta, kilómetro 7.5 de la Vía San Carlos, perteneciente al cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, con una duración de cuatro meses desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo.

Tabla 1. Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa”.

Parámetros	Promedio
Temperatura (°C)	26.00
Humedad relativa (%)	82.00
Precipitación anual (mm)	3229.30
Heliofanía (horas/ luz /año)	1041.10
Evaporación, promedio anual (mm)	1020.60

Fuente: (62)

3.2. Tipo de investigación.

La investigación que se realizó es de tipo experimental que tributa a la línea de investigación: Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivo de interés estratégico.

3.3. Métodos de investigación.

Mediante el uso de los diferentes métodos de investigación se hace referencia a cada una de las etapas en el cual se describe de la siguiente manera su aplicación:

- Método cuantitativo y cualitativo evaluar “La relación entre la morfología floral y la compatibilidad genética en 13 clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.)”
- Método de observación, mediante la utilización del microscopio se determinó la presencia de polen y el tipo de incompatibilidad.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Las fuentes de información para esta investigación se detallan a continuación:

- Fuentes primarias: Revistas, libros, folletos, artículos científicos e internet.
- Fuentes secundarias: Observación.

3.5. Diseño de la investigación

Los cruzamientos se evaluaron mediante un diseño dialélico incompleto que son aquellas que se componen de la mitad de un grupo “n” de clones, en las combinaciones posibles que pueden obtenerse entre sí. Tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2. Diseño de cruzamiento dialélico incompleto de clones élitos de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa”.

	C007	C034	C035	C047	C049	C060	C067	C068	C107	C119	C186	C214	C217
C007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C034		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C035			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C047				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C049					X	X	X	X	X	X	X	X	X
C060						X	X	X	X	X	X	X	X
C067							X	X	X	X	X	X	X
C068								X	X	X	X	X	X
C107									X	X	X	X	X
C119										X	X	X	X
C186											X	X	X
C214												X	X
C217													X

Simbología

X= Cruzamiento Directo

X= Autopolinizaciones

DICYT= Dirección e Investigación Científica y Tecnológica

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Identificación de los clones

Se realizó la identificación de los clones en una colección de Nacional x Trinitario, realizando el etiquetado con letreros de madera con su respectiva numeración.

3.6.2. Poda sanitaria

Se realizó podas sanitarias y de mantenimiento en el cual va a consistir la eliminación de todos los chupones, ramas innecesarias, partes enfermas e infectadas con escoba de bruja también se eliminó mazorcas con monilia, este proceso se lo ejecutó semanalmente con la finalidad de estimular la producción de flores.

3.6.3. Riego

Se lo realizó de manera manual con una cantidad de 40 l/planta, esta actividad se la aplicó una vez cada semana, para ayudar a estimular la floración, esta se la debe realizar antes de la fertilización.

3.6.4. Fertilización

La fertilización se la realizó de forma individual por cada planta se le aplicará 400g/año de 10-30-10, distribuida por toda la corona no muy cerca del tallo.

3.6.5. Técnicas de auto polinización y polinización cruzada

El método para realizar la polinización manual o controlada, consistió en escoger una flor que esté lista para abrirse al día siguiente, se la reconoce por poseer una apariencia abultada y unas leves fisuras entre pétalos, luego de la selección se las comienza a cubrir con tubos eppendorf transparentes de 10 mm de diámetro por 40 mm de largo, fijándolos al árbol con un poco de plastilina, a la mañana siguiente, cuando las flores de cacao estén completamente abiertas se comenzó a retirar los tubos con sumo cuidado evitando lesionar la flor, como herramienta principal se empleó una pinza de metal que ayudó a eliminar los estaminoides, estambres, pétalos, dejando libre y visible el estigma de la flor (63).

Posteriormente aplicamos el polen de una flor ya sea del mismo árbol, si es auto polinización y de otro árbol si es polinización cruzada, del árbol que se usó como donante se recolectó las flores y se las depositó en una caja plástica, con las pinzas se separaron los pétalos, sépalos y la cogulla, dejando las anteras adheridas a los estambres, se frotó sobre el estigma o estilo de la flor, con un movimiento suave para que el polen quede adherido en el órgano femenino de la flor madre. Al finalizar este proceso se tapó nuevamente las flores ya polinizadas con los tubos plásticos y su respectiva identificación (63).

Al tercer día transcurrido se realizó la inspección de las flores que se polinizaron para observar si hubo fertilización, se identificó por el abultamiento de los ovarios y en caso de no estar fecundada la flor se encontró caída.

3.6.6. Variables a evaluar

Con la finalidad de evaluar el efecto de cada tratamiento, se midieron las siguientes variables:

- Auto- compatibilidad y compatibilidad cruzada
- Sitio de la incompatibilidad
- Longitud del pedúnculo (mm)
- Longitud y ancho del sépalo (mm)
- Longitud y ancho del pétalo (mm)
- Longitud del estaminoide (mm)
- Longitud de pistilo (mm)
- Peso de la flor (g)

3.6.6.1. Auto- compatibilidad y compatibilidad cruzada

Se determinó la auto compatibilidad y compatibilidad cruzada, mediante la polinización manual de 30 flores, en el cual se encontró el porcentaje a partir de la suma de las flores fertilizadas y no fertilizadas.

3.6.6.2. Sitio donde se produce la incompatibilidad.

Para la determinar esta variable se utilizó un microscopio óptico con visualización para el sitio en donde se produce la incompatibilidad, y para ello se colectaron las flores que se cayeron al día siguiente de la polinización.

3.6.6.3. Longitud del pedúnculo (mm).

Para realizar la medición de la longitud del pedúnculo desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos se lo realizó por medio de una hoja milimetrada y un microscopio.

3.6.6.4. Longitud y ancho del sépalo (mm).

Con la ayuda de una pinza separamos lo sépalos de la flor con el fin de medir la longitud y el ancho de los mismos utilizamos una hoja milimetrada y un microscopio.

3.6.6.5. Longitud y ancho del pétalo (mm).

Con la ayuda de una hoja milimetrada y un microscopio se midieron el largo y ancho del pétalo.

3.6.6.6. Longitud del estaminoides (mm).

Para medir la longitud de los estaminoides se retiraron con precaución las partes de la flor el cual se lo realizo por medio de una hoja milimetrada y un microscopio.

3.6.6.7. Longitud de pistilo (mm).

Se evaluó la longitud del pistilo por medio de una hoja milimetrada y un microscopio.

3.6.6.8. Peso de la flor (g).

Se pesaron diez flores, con una balanza de precisión para posteriormente obtener el promedio de peso de las mismas.

3.7. Tratamiento de los datos

Se emplearon dos diseños: un diseño de bloques completamente al azar (tres épocas de polinización manual) para la evaluación de compatibilidad genética (auto compatibilidad y compatibilidad cruzada) y un diseño completamente al azar para la morfología floral constituidos en 13 tratamientos (clones elites) con tres repeticiones unidad experimental estará constituida por 10 flores.

Para determinar diferencias entre medidas se empleará el test de Tukey al 5% de probabilidad ($P \leq 0,05$).

Tabla 3. Esquema del Análisis de Varianza del DBCA.

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	12
Bloques	r-1	2
Error Experimental	(t-1)(r-1)	24
Total	(t*r-1)	38

Modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

y_i= Variable respuesta.

μ= Media general

t_i= Efecto del tratamiento i

b_j = Efecto del bloque j

ε_{ij}= Variación debida al azar (causas no pertinentes) = error experimental

Tabla 4. Esquema del Análisis de Varianza del DCA.

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	12
Error Experimental	t(r-1)	26
Total	(t*r-1)	38

El modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} =Valor de la variable respuesta i efecto de los tratamientos;

μ =Valor de la media general;

T_i = Efecto de los tratamientos en estudio;

E_{ij} = Error experimental o efecto aleatorio.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Material genético.

Se evaluaron como material genético 13 clones elites de cacao colectados en las provincias de Guayas, Los Ríos y la parte baja del Cotopaxi, con características sobresalientes de producción y tolerancia a las principales enfermedades, más cinco clones originarios de la “Buseta” descendientes de la colección CCAT (Centro de cacao fino y de aroma Tenguel), en las provincias de Guayas, Los Ríos, con características sobresalientes de producción, fueron seleccionados 152 árboles de aproximadamente 6.000 árboles provenientes de semillas. Los clones que se estudiaron en el proyecto de investigación fueron obtenidos por injerto de yema.

Tabla 5. Descripción de los tratamientos.

Variables Productivas			
Tratamiento	Árbol	Código	Rendimiento de cacao seco (kg ha ⁻¹)
T1	7	DICYT -C007	522.17
T2	28	DICYT -C034	502.73
T3	29	DICYT -C035	508.28
T4	41	DICYT -C047	547.17
T5	43	DICYT -C049	630.49
T6	51	DICYT -C060	502.73
T7	57	DICYT - C068	933.24
T8	67	DICYT - C067	147.21
T9	107	DICYT -C107	1166.55
T10	119	DICYT -C119	609.46
T11	186	DICYT -C186	316.64
T12	214	DICYT -C214	1820.04
T13	217	DICYT -C217	775.23

3.8.2. Materiales de campo.

- Tubos eppendorf
- Pinza
- Etiquetas plásticas
- Plastilina
- Alfileres

3.8.3. Materiales de oficina.

- Hojas A4
- Lápices
- Borrador
- Libreta de campo
- Computadora
- Impresora

3.8.4. Equipos.

- Balanza analítica
- Microscopio óptico
- Cámara fotográfica
- Computadora

3.8.5. Materiales de Laboratorio.

- Pinzas
- Porta objetos
- Cubre objetos
- Papel absorbente
- Tijeras
- Guantes descartables
- Mascarillas
- Detergente

3.8.6. Sustancias y reactivos.

- Azul de metileno
- Fucsina

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Compatibilidad.

4.1.1. Auto-compatibilidad

El análisis de varianza para auto compatibilidad presentó alta significancia estadística para los clones progenitores de cacao (Anexo 1). La prueba de Tukey indicó que el T12. DICYT 214 cuenta con un mayor porcentaje respecto a los demás con 96.67% siendo superior al obtenido por Díaz y Urbina (51), en el estudio sobre la auto-intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015 con 91.7% para el clon UF- 296. También fueron superiores a los de Noriega (52) con la investigación 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).” con un 70% para el clon EET-544 a los siete días desde la fecundación. El tratamiento con la menor compatibilidad es el T7. DICYT 57, T6. DICYT 67 y T8. DICYT-67 con 46.67, 36.67 y 16.67% en su orden, considerado como un clon Auto-Incompatible. Esta variable cuenta con un coeficiente de variación de 19.87 (Tabla 5).

Tabla 6. Auto compatibilidad (%) registrada en 13 clones élites de cacao Tipo Nacional en la Finca Experimental La Represa, 2017.

Tratamiento	Clones élites	Auto – compatibilidad (%)	
T1	DICYT - 7	90.00	ab
T2	DICYT - 28	63.33	abcd
T3	DICYT - 29	60.00	bcd
T4	DICYT - 41	50.00	cde
T5	DICYT - 43	66.67	abcd
T6	DICYT - 51	36.67	de
T7	DICYT - 57	46.67	cde
T8	DICYT - 67	16.67	e
T9	DICYT - 107	50.00	cde
T10	DICYT - 119	70.00	abcd
T11	DICYT - 186	73.33	abc
T12	DICYT - 214	96.67	a
T13	DICYT - 217	73.33	abc
X		61.03	
CV		19.87	

4.1.2. Compatibilidad cruzada.

El análisis de varianza para compatibilidad cruzada presentó alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 2). La prueba de Tukey indicó que el cruce DICYT – 29 X DICYT -67 cuenta con el mayor porcentaje de compatibilidad cruzada respecto a los demás 96.67% siendo superior al obtenido por Diaz y Urbina (51) en el estudio sobre la auto-intercompatibilidad de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015 con 83.3% para el cruce UF-296 x UF-221. Los cruzamientos con la menor compatibilidad son DICYT – 186 X DICYT 217, DICYT – 107 X DICYT – 119, DICYT - 57 X DICYT – 119, DICYT – 7 X DICYT – 119, DICYT – 28 X DICYT – 186, DICYT – 29 X DICYT – 51, DICYT – 43 X DICYT – 119, DICYT – 57 X DICYT – 107, DICYT – 7 X DICYT – 57, DICYT – 119 X DICYT – 214, DICYT – 28 X DICYT – 41, DICYT – 57 X DICYT – 67, DICYT – 107 X DICYT – 214 con 20.00, 23.00, 23.33, 33.33, 33.33, 33.33, 33.33, 36.67, 40.00, 43.33, 46.67, 46.67, 46.67% en su orden, considerado como un clon Incompatible. Esta variable cuenta con un coeficiente de variación de 19.87 (Tabla 6).

Tabla 7. Compatibilidad cruzada (%) registrada en 13 clones élites de cacao Tipo Nacional en la Finca Experimental La Represa, 2017.

CRUCES		COMPATIBILIDAD CRUZADA	
DICYT - 7	DICYT - 28	90.00	abc
DICYT - 7	DICYT - 29	66.67	abcdefgh
DICYT - 7	DICYT - 41	70.00	abcdefg
DICYT - 7	DICYT - 43	86.67	abcd
DICYT - 7	DICYT - 51	80.00	abcdef
DICYT - 7	DICYT - 57	40.00	defgh
DICYT - 7	DICYT - 67	53.33	abcdefgh
DICYT - 7	DICYT - 107	56.67	abcdefgh
DICYT - 7	DICYT - 119	33.33	fgh
DICYT - 7	DICYT - 186	66.67	abcdefgh
DICYT - 7	DICYT - 214	73.33	abcdef
DICYT - 7	DICYT - 217	86.67	abcd
DICYT - 28	DICYT - 29	60.00	abcdefgh
DICYT - 28	DICYT - 41	46.67	bcdefgh
DICYT - 28	DICYT - 43	70.00	abcdefg
DICYT - 28	DICYT - 51	60.00	abcdefgh
DICYT - 28	DICYT - 57	56.67	abcdefgh
DICYT - 28	DICYT - 67	86.67	abcd

Continua tabla 7...

DICYT - 28	DICYT - 107	70.00	abcdefg
DICYT - 28	DICYT - 119	70.00	abcdefg
DICYT - 28	DICYT - 186	33.33	fgh
DICYT - 28	DICYT - 214	66.67	abcdefgh
DICYT - 28	DICYT - 217	63.33	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 41	60.00	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 43	73.33	abcdef
DICYT - 29	DICYT - 51	33.33	fgh
DICYT - 29	DICYT - 57	53.33	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 67	96.67	a
DICYT - 29	DICYT - 107	53.33	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 119	60.00	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 186	80.00	abcdef
DICYT - 29	DICYT - 214	66.67	abcdefgh
DICYT - 29	DICYT - 217	90.00	abc
DICYT - 41	DICYT - 43	86.67	abcd
DICYT - 41	DICYT - 51	85.00	abcd
DICYT - 41	DICYT - 57	80.00	abcdef
DICYT - 41	DICYT - 67	80.00	abcdef
DICYT - 41	DICYT - 107	86.67	abcd
DICYT - 41	DICYT - 119	70.00	abcdefg
DICYT - 41	DICYT - 186	80.00	abcdef
DICYT - 41	DICYT - 214	66.67	abcdefgh
DICYT - 41	DICYT - 217	66.67	abcdefgh
DICYT - 43	DICYT - 51	73.33	abcdef
DICYT - 43	DICYT - 57	60.00	abcdefgh
DICYT - 43	DICYT - 67	80.00	abcdef
DICYT - 43	DICYT - 107	60.00	abcdefgh
DICYT - 43	DICYT - 119	33.33	fgh
DICYT - 43	DICYT - 186	53.33	abcdefgh
DICYT - 43	DICYT - 214	70.00	abcdefg
DICYT - 43	DICYT - 217	80.00	abcdef
DICYT - 51	DICYT - 57	60.00	abcdefgh
DICYT - 51	DICYT - 67	73.33	abcdef
DICYT - 51	DICYT - 107	83.33	abcde
DICYT - 51	DICYT - 119	70.00	abcdefg
DICYT - 51	DICYT - 186	90.00	abc
DICYT - 51	DICYT - 214	80.00	abcdef
DICYT - 51	DICYT - 217	56.67	abcdefgh
DICYT - 57	DICYT - 67	46.67	bcdefgh
DICYT - 57	DICYT - 107	36.67	efgh
DICYT - 57	DICYT - 119	23.33	gh
DICYT - 57	DICYT - 186	76.67	abcdef

Continúa tabla 7...

DICYT - 57	DICYT - 214	86.67	abcd
DICYT - 57	DICYT - 217	76.67	abcdef
DICYT - 67	DICYT - 107	93.33	ab
DICYT - 67	DICYT - 119	93.33	ab
DICYT - 67	DICYT - 186	53.33	abcdefgh
DICYT - 67	DICYT - 214	93.33	ab
DICYT - 67	DICYT - 217	65.00	abcdefgh
DICYT - 107	DICYT - 119	23.33	gh
DICYT - 107	DICYT - 186	73.33	abcdef
DICYT - 107	DICYT - 214	46.67	bcdefgh
DICYT - 107	DICYT - 217	70.00	abcdefg
DICYT - 119	DICYT - 186	70.00	abcdefg
DICYT - 119	DICYT - 214	43.33	cdefgh
DICYT - 119	DICYT - 217	63.33	abcdefgh
DICYT - 186	DICYT - 214	63.33	abcdefgh
DICYT - 186	DICYT - 217	20.00	h
DICYT - 214	DICYT - 217	76.67	abcdef
X		66.32	
CV		21.20	

4.2. Variables Relacionadas con la Morfología Floral.

Las variables que guardan relación con la morfología floral y que se tomaron en cuenta en la presente investigación fueron las siguientes:

4.2.1. Longitud del pedúnculo (mm).

El análisis de varianza para la variable longitud de pedúnculo presentó alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 3). La prueba de Tukey indicó que el T11. DICYT 186 mostro la mayor longitud de pedúnculo respecto a los demás con 19.23 mm., este valor fue superior al resultado obtenido por Villegas (54) quien al analizar veinte características cuantitativas en cacao nacional del alto Beni en Bolivia y cinco clones forasteros y trinitarios obtuvo una longitud de pedúnculo 16.60 mm en los clones forasteros y trinitarios estudiados. Así también, fue superior a los resultados registrados por Mendoza, (55), en el estudio titulado Compatibilidad e incompatibilidad genética registrada en 64 clones élites de cacao. Finca experimental "La Represa", quien reportó una longitud de pedúnculo de 18.00 mm., en el clon UICYT-C-001. El menor promedio de esta variable lo

presentó el T5. DICYT 43 con 13.93 mm. El coeficiente de variación para la longitud de pedúnculo fue del 6.63% (Tabla 7).

Tabla 8. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de pedúnculo evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.

Tratamiento	Clones elites	L pedúnculo	
T1	DICYT - 7	15.72	bc
T2	DICYT - 28	15.64	bc
T3	DICYT - 29	16.16	abc
T4	DICYT - 41	16.32	abc
T5	DICYT - 43	13.93	c
T6	DICYT - 51	15.47	bc
T7	CCN-51(57)	16.94	abc
T8	IMC - 67	17.34	ab
T9	DICYT - 107	17.76	ab
T10	DICYT - 214	18.5	ab
T11	DICYT - 119	17.85	ab
T12	DICYT - 186	19.23	a
T13	DICYT - 217	18.63	ab
X		16.88	
CV		6.63	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p > 0.05$)

4.2.2. Longitud de sépalo (mm).

Según los resultados del análisis de varianza para la variable longitud de sépalos presentó alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 4). La prueba de Tukey indicó que el T10. DICYT 119 tiene la mayor longitud de sépalos respecto a los demás con 8.83 mm. promedio que superó al resultado obtenido por Ramírez y colaboradores (56), quien caracterizó árboles mediante la metodología de selección participativa en el municipio de Tecpatán, Chiapas México, registrando una longitud de sépalo con 8.73 mm., en el árbol 144. También superó a las mediciones tomadas por Philips y colaboradores (57) donde realizó un resumen de las características morfológicas de 6 clones de cacao seleccionados por el CATIE con una longitud de sépalo de 8.7 mm para CC137. El tratamiento con la menor longitud fue el T8. DICYT - 67 con 6.55 mm. El coeficiente de variación de esta variable fue del 6.94%. (Tabla 8).

4.2.3. Ancho de sépalo (mm).

El resultado del análisis de varianza para la variable ancho de sépalos presentó alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 5). La prueba de Tukey indicó que el T4. DICYT 41 tiene el mayor ancho de sépalos respecto a los demás con 2.44 mm. En los estudios descritos anteriormente los autores manifiestan que los resultados son inferiores para esta variable con 2.27 mm. para el árbol 153 y 3.2 mm. el clon ICS-95 T1 respectivamente. El tratamiento que con un menor ancho fue el T3. DICYT 29 con 1.73 mm. El coeficiente de variación para el ancho de sépalos es de 9.19%. (Tabla 8).

Tabla 9. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud y ancho de sépalos evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.

Tratamiento	Clones elites	L. pedúnculo		L. sépalo		A. sépalo	
T1	DICYT - 7	15.72	bc	8.12	abc	1.83	bc
T2	DICYT - 28	15.64	bc	6.97	bc	1.78	c
T3	DICYT - 29	16.16	abc	6.77	c	1.73	c
T4	DICYT - 41	16.32	abc	7.62	abc	2.44	a
T5	DICYT - 43	13.93	c	8.08	abc	2.09	abc
T6	DICYT - 51	15.47	bc	7.2	bc	2.09	abc
T7	CCN-51(57)	16.94	abc	8.05	abc	2.34	ab
T8	IMC - 67	17.34	ab	7.94	abc	1.92	abc
T9	DICYT - 107	17.76	ab	6.55	c	2.02	abc
T10	DICYT - 214	18.5	ab	8.46	ab	2.08	abc
T11	DICYT - 119	17.85	ab	8.83	a	2.21	abc
T12	DICYT - 186	19.23	a	7.43	abc	1.84	bc
T13	DICYT - 217	18.63	ab	8.44	ab	2.14	abc
X		16.88	7.73	2.04			
CV		6.63	6.94	9.19			

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p > 0.05$)

4.2.4. Longitud de pétalo (mm).

El análisis de varianza para la variable longitud de pétalos presentó significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 6). La prueba de Tukey indicó que el T10. DICYT 119 presentó la mayor longitud de pétalos respecto a los demás con 4.47 mm. este resultado es inferior con los obtenidos por Véliz (58) en la investigación auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales quien obtuvo una longitud de pétalos de 7.00 mm para T14 - LR20 X CCAT L49H98. El tratamiento con la menor longitud fue el T12. DICYT 214 con 3.70 mm. El coeficiente de variación de esta variable fue del 6.04 %. (Tabla 9).

4.2.5. Ancho de pétalo (mm).

El análisis de varianza para la variable ancho de pétalos presentó significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 7). La prueba de Tukey indicó que el T1. DICYT 7 obtuvo el mayor ancho de pétalos respecto a los demás con 2.91 mm. este resultado supera al de Véliz con 2.30 mm para el T20 - LR17 X CCAT L26H64. El tratamiento con menor longitud fue el T8. DICYT 67 con 1.75 mm. El coeficiente de variación de esta variable fue del 13.81 %. (Tabla 9).

Tabla 10. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud y ancho de pétalos evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.

Tratamiento	Clones elites	L pedúnculo		L. SÉPALO		A. sépalo	
T1	DICYT - 7	15.72	bc	8.12	abc	1.83	bc
T2	DICYT - 28	15.64	bc	6.97	bc	1.78	c
T3	DICYT - 29	16.16	abc	6.77	c	1.73	c
T4	DICYT - 41	16.32	abc	7.62	abc	2.44	a
T5	DICYT - 43	13.93	c	8.08	abc	2.09	abc
T6	DICYT - 51	15.47	bc	7.2	bc	2.09	abc
T7	CCN-51(57)	16.94	abc	8.05	abc	2.34	ab
T8	IMC - 67	17.34	ab	7.94	abc	1.92	abc
T9	DICYT - 107	17.76	ab	6.55	c	2.02	abc
T10	DICYT - 214	18.5	ab	8.46	ab	2.08	abc

T11	DICYT - 119	17.85	ab	8.83	a	2.21	abc
T12	DICYT - 186	19.23	a	7.43	abc	1.84	bc
T13	DICYT - 217	18.63	ab	8.44	ab	2.14	abc
	X	16.88	7.73	2.04	4.09	2.15	
	CV	6.63	6.94	9.19	6.04	13.81	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p > 0.05$)

4.2.6. Longitud del estaminoides (mm).

Según nos muestra el análisis de varianza para longitud de estaminoides se encontró alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 8). La prueba de Tukey indicó que el T6. DICYT 51 presentó la mayor longitud del estaminoides respecto a los demás con 6.78 mm. este resultado no coincide con los obtenidos por Rendón, en la investigación, revisión taxonómica del género *Theobroma*. (Sterculiaceae) en Venezuela en el 2005 en cual mostro una longitud de 7.5 mm. El tratamiento con menor longitud fue el T10. DICYT – 119 con 5.27 mm. El coeficiente de variación de esta variable fue del 7.31 %. (Tabla 10).

Tabla 11. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de estaminoides evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.

Tratamiento	Clones elites	L pedúnculo		L. sépalo	
T1	DICYT - 7	15.72	bc	8.12	abc
T2	DICYT - 28	15.64	bc	6.97	bc
T3	DICYT - 29	16.16	abc	6.77	c
T4	DICYT - 41	16.32	abc	7.62	abc
T5	DICYT - 43	13.93	c	8.08	abc
T6	DICYT - 51	15.47	bc	7.2	bc

T7	CCN-51(57)	16.94	abc	8.05	abc
T8	IMC - 67	17.34	ab	7.94	abc
T9	DICYT - 107	17.76	ab	6.55	c
T10	DICYT - 214	18.5	ab	8.46	ab
T11	DICYT - 119	17.85	ab	8.83	a
T12	DICYT - 186	19.23	a	7.43	abc
T13	DICYT - 217	18.63	ab	8.44	ab
X		16.88	7.73	2.04	
CV		6.63	6.94	9.19	

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p>0.05$)

4.2.7. Longitud de pistilo (mm).

El análisis de varianza para longitud del pistilo mostro alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 9). La prueba de Tukey indicó que el T13. DICYT 217 presentó la mayor longitud del pistilo respecto a los demás con 4.69 mm. este promedio es superior al de Omolaja y colaboradores (60) en la investigación rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa (Efectos de la lluvia y la temperatura sobre la floración y producción de polen en el cacao) en el 2009 el cual obtuvo una longitud del pistilo de 4.64 mm. Los resultados obtenidos por Meza (61) en sistemas de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional y dos trinitarios en la finca experimental la represa” en el año 2016 mostrando superioridad con 4.86 mm., para el clon CCN-51. El tratamiento con menor longitud fue el T8. DICYT - 67 con 3.47 mm. con un coeficiente de variación de 5.60 %. (Tabla 11).

Tabla 12. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Longitud de pistilo evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017

Tra	Clo	L	L.	A.	L. pétalo	A. pétalo	L.	L.	P.
tam	nes	pedú	sépalo	sépalo			estaminoi	pistilo	Flor
o	s	nculo		o			de		

T1	DIC	1	b	8.	abc	1.	b	4.13	a	2.91	a	5.98	ab	4	ab	0	a
	YT -7	5. 7	c	12		8	c		b					.	c	.	b
		2				3								3		5	c
														9		7	
T2	DIC	1	b	6.	bc	1.	c	3.9	a	2.15	a	5.42	b	3	cd	0	d
	YT -28	5. 6	c	97		7			b		bc			.	e	.	e
		4				8								8		3	
														9		7	
T3	DIC	1	a	6.	c	1.	c	3.94	a	1.89	bc	5.51	ab	3	bc	0	e
	YT -29	6. 1	b	77		7			b					.	de	.	
		6	c			3								9		3	
														6		4	
T4	DIC	1	a	7.	abc	2.	a	3.97	a	2.23	a	6.22	ab	4	ab	0	a
	YT -41	6. 3	b	62		4			b		bc			.		.	b
		2	c			4								5		5	c
														6		7	
T5	DIC	1	c	8.	abc	2.	a	3.93	a	1.83	c	6.42	ab	3	e	0	c
	YT -43	3. 9		08		0	b		b					.		.	d
		3				9	c							4		4	e
														9		3	
T6	DIC	1		7.	bc	2.	a	4.08	a	2.12	a	6.78	a	3	cd	0	c
	YT -51	5. 4	b	2		0	b		b		bc			.	e	.	d
		7	c			9	c							8		4	e
														3		3	
T7	CC	1	a	8.	abc	2.	a	4.22	a	2	bc	6.17	ab	3	de	0	b
	N- 51(5 7)	6. 9	b	05		3	b		b					.		.	c
		4	c			4								7		5	d
														1		1	
T8	IM	1	a	7.	abc	1.	a	4.04	a	1.75	c	5.47	b	3	e	0	a
	C- 67	7. 3	b	94		9	b		b					.		.	b
		4				2	c							4		6	
														7			
T9	DIC	1	a	6.	c	2.	a	4.05	a	1.96	bc	6.47	ab	4	bc	0	b
	YT -7	7. 7	b	55		0	b		b					.	de	.	c
		6				2	c							0		5	d
														2		1	

T10	DIC	1		8.	ab	2.	a	3.7	b	1.97	bc	5.31	b	4	ab	0	a
	YT	8.	a	46		0	b							.	cd	.	
	-	5	b			8	c							0	e	6	
	214													4		7	
T11	DIC	1	a	8.	a	2.	a	4.47	a	2.77	a	5.27	b	3	cd	0	b
	YT	7.	b	83		2	b				b			.	e	.	c
	-	8				1	c							7		4	d
	119	5												5		7	e
T12	DIC	1	a	7.	abc	1.	b	4.41	a	2.18	a	6.36	ab	4	ab	0	b
	YT	9.		43		8	c		b		bc			.	cd	.	c
	-	2				4								3		5	d
	186	3												4		1	
T13	DIC	1	a	8.	ab	2.	a	4.41	a	2.21	a	6.47	ab	4	a	0	a
	YT	8.	b	44		1	b		b		bc			.		.	
	-	6				4	c							6		6	
	217	3												9		7	
X	1	7	2.04	4.09		2.15		5.98		4.01	0.51						
	6.	.															
	8	7															
	8	3															
CV	6.	6	9.19	6.04		13.81		7.31		5.6	9.55						
	6	.															
	3	9															
		4															

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p>0.05$)

4.2.8. Peso de la flor (g).

El análisis de varianza para ancho de pétalos presentó alta significancia estadística para los clones de cacao (Anexo 10). La prueba de Tukey indicó que el T12 y T13. DICYT 214- DICYT 217 tienen el mayor peso de la flor respecto a los demás con 0.67 g. este resultado es superior con los obtenidos por Véliz (58) en la investigación auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales con 0.051 mg para el T14 - LR20 X CCAT L49H98, los resultados también difieren con los de Mendoza (55) en el estudio Compatibilidad e incompatibilidad genética registrada en 64 clones élites de cacao. Finca experimental "La Represa", con un peso de 0.063 mg para el clon UICYT-C-044. El tratamiento que presentó el menor peso fue el T3. DICYT – 29 con 0.34 g. con un coeficiente de variación de 9.55 %. (Tabla 12).

Tabla 13. Variables relacionadas con la morfología floral de 13 clones de cacao: Peso de la flor evaluados en la Finca experimental “La Represa” durante la época lluviosa 2017.

Tra	Clo	L		L.		A.		L.		A.		L.		L.		P.	
ta	nes	pedúncul		sépalo		sépal		pétalo		pétalo		estaminoi		pistil		Flor	
mie	elit	o				o											
nto	es																
T1	DI	15.	bc	8.	abc	1	b	4.13	a	2.91	a	5.98	ab	4	a	0	a
	CY	72		1		.	c		b					.	b	.	b
	T-7			2		8								3	c	5	c
						3								9		7	
T2	DI	15.	bc	6.	bc	1	c	3.9	a	2.15	a	5.42	b	3	c	0	d
	CY	64		9		.			b		b			.	d	.	e
	T-28			7		7					c			8	e	3	
						8								9		7	
T3	DI	16.	abc	6.	c	1	c	3.94	a	1.89	b	5.51	ab	3	b	0	e
	CY	16		7		.			b		c			.	c	.	
	T-29			7		7								9	d	3	
						3								6	e	4	
T4	DI	16.	abc	7.	abc	2	a	3.97	a	2.23	a	6.22	ab	4	a	0	a
	CY	32		6		.			b		b			.	b	.	b
	T-41			2		4					c			5		5	c
						4								6		7	
T5	DI	13.	c	8.	abc	2	a	3.93	a	1.83	c	6.42	ab	3	e	0	c
	CY	93		0		.	b		b					.		.	d
	T-43			8		0	c							4		4	e
						9								9		3	
T6	DI	15.	bc	7.	bc	2	a	4.08	a	2.12	a	6.78	a	3	c	0	c
	CY	47		2		.	b		b		b			.	d	.	d
	T-51					0	c				c			8	e	4	e
						9								3		3	
T7	CC	16.	abc	8.	abc	2	a	4.22	a	2	b	6.17	ab	3	d	0	b
	N-51(57)	94		0		.	b		b		c			.	e	.	c
				5		3								7		5	d
						4								1		1	
T8	IM	17.	ab	7.	abc	1	a	4.04	a	1.75	c	5.47	b	3	e	0	a
	C-67	34		9		.	b		b					.		.	b
				4		9	c							4		6	
						2								7			

T9	DI	17.	ab	6.	c	2	a	4.05	a	1.96	b	6.47	ab	4	b	0	b
	CY	76		5		.	b		b		c			.	c	.	c
	T-			5		0	c							0	d	5	d
	107					2								2	e	1	
T10	DI	18.	ab	8.	ab	2	a	3.7	b	1.97	b	5.31	b	4	a	0	a
	CY	5		4		.	b				c			.	b	.	
	T-			6		0	c							0	c	6	
	214					8								4	d	7	
															e		
T11	DI	17.	ab	8.	a	2	a	4.47	a	2.77	a	5.27	b	3	c	0	b
	CY	85		8		.	b				b			.	d	.	c
	T-			3		2	c							7	e	4	d
	119					1								5		7	e
T12	DI	19.	a	7.	abc	1	b	4.41	a	2.18	a	6.36	ab	4	a	0	b
	CY	23		4		.	c		b		b			.	b	.	c
	T-			3		8					c			3	c	5	d
	186					4								4	d	1	
T13	DI	18.	ab	8.	ab	2	a	4.41	a	2.21	a	6.47	ab	4	a	0	a
	CY	63		4		.	b		b		b			.		.	
	T-			4		1	c				c			6		6	
	217					4								9		7	
X	16.	7.7	2.04	4.09				2.15	5.98		4.01	0.51					
	88	3															
CV	6.6	6	9.19	6.04				13.81	7.31		5.6	9.55					
	3	.															
		9															
		4															

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p > 0.05$)

4.3. Matriz de correlación.

A partir de la matriz de correlación aplicada para las variables: largo del pedúnculo, largo de sépalos, ancho de sépalos, largo de pétalos, largo de estaminoides y compatibilidad demostrando que no tienen relación con la auto compatibilidad (Tabla 13). Sin embargo, las variables Ancho de pétalo y Longitud de pistilo si tuvieron relación con dicha variable, con índices de determinación de 0.57 y 0.51, respectivamente, lo que quiere decir que si las flores de cacao poseen pétalos y pistilos de mayor tamaño facilitan la polinización.

Tabla 14. Matriz de correlación (LP: largo del pedúnculo; LS: largo de sépalos; AS: ancho de sépalos; LPE: largo de pétalos; AP: ancho de pétalos; LE largo de estaminoides; LPI: largo del pistilo; C: compatibilidad)

	LP	LS	AS	LPE	AP	LE	LPI	PF	C
LP	1								
LS	0.221	1							
AS	0.058	0.440	1						
LPE	0.447	0.317	0.159	1					
AP	0.060	0.388	0.046	0.487	1				
LE	-0.141	-0.244	0.282	0.258	-0.103	1			
LPI	0.389	0.012	0.086	0.251	0.418	0.287	1		
PF	0.574	0.577	0.362	0.105	0.100	0.041	0.442	1	
C	0.228	0.242	-0.250	0.321	0.570	-0.008	0.518	0.050	1

4.4. Sitio de la incompatibilidad

El sitio de la incompatibilidad fue registrado con flores caídas después de la polinización y observadas a través de un microscopio con incisiones en la parte del pistilo para diferenciar el tipo de incompatibilidad, los cruces tanto de los progenitores como los de la compatibilidad cruzada fue esporofítica esto puede ser por diversos factores como: la hora de polinización, viabilidad del polen, temperatura ambiental, etc. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Knight y Rogers (1953), citado por Quiroz (53), señalan que la incompatibilidad en cacao no se produce en el estilo, sino dentro del saco embrionario, y proporcionaron una hipótesis genética, para explicar este fenómeno basados en el hecho que la incompatibilidad estaría gobernada por una serie de cinco alelos múltiples “s”, de naturaleza esporofítica en el siguiente orden de dominancia: S1 S2 = S3 S4 S5 y el recesivo Sf ó So que determina la autofertilidad (Figura 3 y 4).

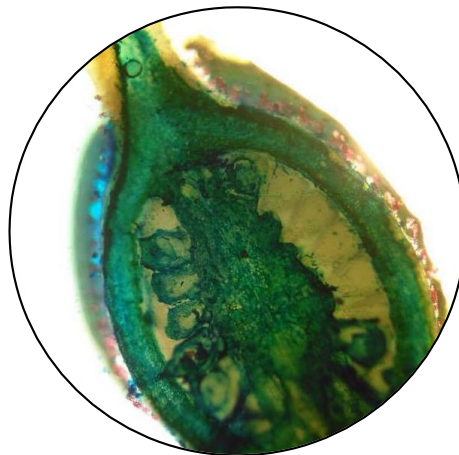


Figura 3. Incompatibilidad esporofítica registrado en el cruce 217 x 51

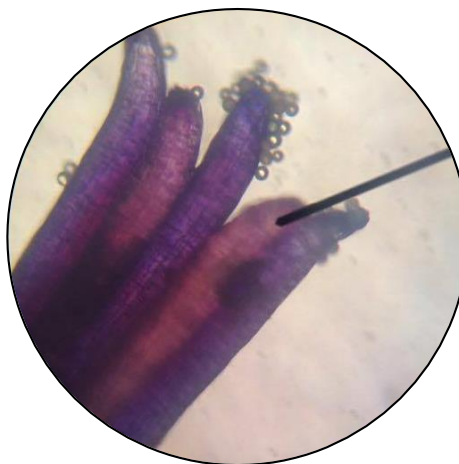


Figura 4. Incompatibilidad esporofítica registrado en el cruce 186 x 186

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- Al evaluar la compatibilidad responsable de la fecundación en 13 clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.) en campo se determinó que el clon que presentó el mayor porcentaje de auto compatibilidad fue el T12. DICYT 214, tipo Nacional, mientras que para compatibilidad cruzada se destacó el cruce DICYT – 29 X DICYT-67. Así mismo, la compatibilidad estuvo relacionada con las variables morfológicas de la flor ancho de pétalo y longitud de pistilo, lo que permite sospechar que aquellos clones que presentan estas estructuras de mayor tamaño facilitan su polinización.
- Se logró corroborar que la incompatibilidad en el cacao (*Theobroma cacao* L) es de tipo esporofítica al observar pistilos de flores polinizadas manualmente pero no fecundadas, pues el polen no desarrolla el tubo polínico para su ingreso al ovario.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda utilizar clones auto compatibles como el DICYT 214 en sistemas de producción en monocultivo, mientras que se debe utilizar clones del cruce DICYT – 29 X DICYT -67 en la siembra asociada del cultivo, dicho cruzamiento tiene una capacidad superior para cruzarse con otros clones, lo que permite garantizar una mejora en el rendimiento por hectárea del cultivo.
- Se recomienda utilizar materiales que posean pétalos más anchos y a su vez un pistilo más largo por la relación que existe con la compatibilidad en programas de mejoramiento genético, que permitan a largo plazo seleccionar individuos por caracteres productivos.

CAPÍTULO VI.
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada.

1. Cheesman E. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa population. *Tropical Agriculture*. 1944; Vol. 21: p. 144-159.
2. Cuatercasas J. Cacao and its allies. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *National Herb*. 1964; Vol. 35: p. 375-614.
3. PROECUADOR. Análisis del sector cacao y elaborados; 2013.
4. Moncayo R. Estadísticas de exportación. [Online].; 2016 [cited 2016 Agosto 18. Available from: <http://www.anecacao.com/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>.
5. Vera J. Introducción y antecedentes Históricos. In Pichilingue EET, editor. *Manual del Cultivo de Cacao*.: INIAP ; 1993. p. 1-7.
6. Anecaco. Exportación del cacao en el Ecuador. [Online].; 2006 [cited 2016 Agosto 18. Available from: <http://www.anecacao.com/Espanol/espanol.htm>.
7. Quiroz , Vera Jaime , Enriquez G. Determinación de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Quevedo: Estación Experimental Tropical "Pichilingue"; 1992.
8. Aneja M, Gianfagna T, Ng E. The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cacao flowers. *Plant Growth Regulation*. 1999; Vol. 27: p. 149-155.
9. Yamada M, Guries R. Mating system analysis in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotrópica*. ; Vol. 10(165-176).
10. Lanaud C, Sounigo O, Amefia Y, Lachenaud P, Clement D. Nouvelles données sur le fonctionnement du système d'incompatibilité du cacoyer et ses conséquences pour la sélection. 1987; Vol.31(267-277).
11. De Nettancourt D. *Incompatibility and incongruity in wild and cultivated plants*. Heidelberg Springer. 2001.

12. Torres J. Establecimiento de plantaciones comerciales de cacao. In Primer congreso internacional del cacao; 2010; Santo Domingo EC. p. 3-5.
13. Gama. Academia de Biología. [Online].; 2015 [cited 2016 Agosto 19. Available from: <http://karimegama.blogspot.com/2012/12/variacion-genetica-evolucion-seleccion.html>.
14. Piñero, D; Caballero, Jesús; Cabrera , Danae; Canteri , Cristina ; Casas , Alejandro ; Castañeda, América. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el . .
15. Alcalá C. Calcalabra. [Online].; 2011 [cited 2016 Agosto 26. Available from: <http://www.calcalabra.com/320.html>.
16. Ponce de León L, Barbosa C, Jiménez C. Clones, copias exactas o réplicas únicas. ContactoS. 2008; Vol. 67(34-39).
17. FAO. Polinización, un servicio del ecosistema. 2008.
18. Soria S, Wirth W, Flores J. Identidad de la mosquita *Forcipomya* spp. (*Diptera, ceratopogonidae*) relacionadas con la polinización del cacaotero en Ecuador. *Theobroma*. 1976; Vol. 6(4:102).
19. Enriquez G. Curso sobre el cultivo del cacao. In. Turrialba- Costa Rica: CATIE; 1985. p. 240.
20. Somarriba , Cerda , Astorga , Quezada , Vasquez. Reproducción sexual del cacao. 1st ed.: Centro agronómico tropical de investigaciones y enseñanzas (CATIE); 2010.
21. Avendaño, H; Villareal, M; Campos; Gallardo, A; Mendoza; Aguirre. Diagnostico del cacao.: Universidad Autónoma Chapingo; 2011.
22. Paredes M. Manual del Cultivo de Cacao, Ministerio de Agricultura. Perú; 2003.
23. Mendoza A, Gallardo R, Avendaño C. El mundo del cacao (*Theobroma cacao* L) kawa (Maya) cacahuatl (Náhuatl). Agroproductividad. 2011; Vol. 4(20-26).

24. ANECACAO. Manual del cultivo de cacao : Departamento técnico, Estadísticas y, Control y Calidad; 2006.
25. Infoagro. El cultivo del cacao. [Online].; 2010 [cited 2016 Agosto 3. Available from: <http://proamazonia.minag.gob.pe/estudios/manualcacao.pdf>.
26. Bressani R, Furan A. Chemical characterization of the seed and pulp of *Theobroma bicolor*. Coffee and Cocoa News. 1997; Vol. 2(5)(17-22).
27. Jee M. Composition of the fat extracted from the seeds of *Theobroma bicolor*. Journal of American Oil Chemistry Society. 1984; Vol. 61 (25)(751-753).
28. Ortiz J. Caracterización fisicoquímica de la Grasa de semilla de *Theobroma Bicolor* de Guatemala. [Tesis de maestría]. 24th ed. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala ; 2004.
29. Gomes R. Fruticultura Brasileira. 13th ed. Sao Pablo: Nobel; 2007.
30. Lorenzi H. Árvores Brasileiras: Manual de identificación y cultivo de plantas arb
31. Pokou, D; N´Goran, J.K.; Lachenaud, P; Eskes, A; Montamayor, J.C; Schnell, R.J.; Kolesnikova-Allen, M; Clément, D; Sangaré, A. Recurrent Selection of Cocoa Populations in Cote d’Ivoire: Comparative Genetic Diversity between the First and Second Cycles. Costa de Marfil: Plant Breeding; 2009.
32. Zhang D, Mischke S, Johnson ES, Phillips-Mora W, Meinhardt L. Molecular Characterization of an International Cacao Collection using Microsatellite Markers. Tree Genetics & Genomes. 2009;(5): p. 1-10.
33. Cheesman E. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. Trop Agric. 1944; Vol. 21: p. 144-159.
34. Soria J. Principal varieties of cocoa cultivated in tropical America. Cocoa Growers’ Bulletin; 1970.
35. Soria J. Breve historia del cultivo de cacao en Ecuador. Origen del cultivo y exportación en América tropical Mundial B, editor.: Proyecto SICA; 2004.

36. Loor R. Caracterización morfológica y molecular de 37 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional de Ecuador. [Tesis de Maestro en Ciencias] México: Colegio de Postgraduados; 2002.
37. Chávez A, Mansilla J. Ministerio de Agricultura Programa Para el Desarrollo de la Amazonia PROAMAZONIA "Manual del Cultivo del Cacao" Perú; 2004.
38. Hartmann HT. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Séptima ed.: Prentice Hall; 1997.
39. Echeverri R. El Injerto en la Producción de Cacao Orgánico. 78th ed.: Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología; 2006.
40. Howell SH. Genética de Plantas y su desarrollo Estados Unidos: Universidad Cambridge; 1998.
41. Martineza , Narvaez Z, Spinelli G. Mosquitas polinizadoras (Diptera: *Ceratopogonidae*) del Cacao Colectadas en Comunidades piaroa en Amazonas. Bol Entomol Venez. 2000; Vol. 15(2): p. 249-253.
42. AGROCALIDAD. Guía de buenas prácticas agrícolas para cacao. Resolución técnica N0. 183. Inocuidad de los alimentos. In. Ecuador; 2012. p. 14-15.
43. Echeverri J. Tecnología moderna en la producción de cacao: Manual para productores orgánicos San José: MAG; 2013.
44. McClure B, Frankling-tong. Gametophytic self-incompatibility: understanding the cellular mechanisms involved in self pollen tube inhibition. Planta. 2006; Vol. 224: p. 233-245.
45. Gómez S, Polanco M. Fitomejoramiento. In. Pereira; 2007.
46. Barahona J. Manual del Cultivo de Cacao Quvedo EC: Estación Experimental Tropical Pichilingue; 1987.
47. INIAP. Manual del Cultivo de Cacao Quito-Ecuador: Sección de comunicación del INIAP ; 1993.

48. Cordoba C, Cerda R, Deheuvels O, Hidalgo E, Declerck F. Polinizadores, polinización y producción potencial de Cacao en Sistemas Agroforestales de Boca de Toro. *Agroforestería en las Américas*. 2013; Vol. 49(26-32).
49. Jiménez. *Morfología y tipos de flores polinizadas y fecundadas*: Universidad Nacional Agraria ; 2009.
50. Banco Central del Ecuador. *Reporte de coyuntura sector Agropecuario*. 87th ed. Ecuador; 2015.
51. Díaz Téllez EY, Urbina Espino JW. Estudio sobre la auto- intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Managua; 2015.
52. Noriega de la Cruz CO. “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).” Santo Domingo: Escuela Politécnica Del Ejército; 2012.
53. Quiroz J. Caracterización molecular y morfológica de genotipos con características de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador Turrialba, Costa Rica: CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza); 2002.
54. Villegas R, Astorga C. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*. 2005;(43-44).
55. Mendoza Sánchez CM. Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos nacional y trinitario. Ecuador : Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
56. Ramírez , López , Espinosa S, Hernández I, García S. Implementación de la metodología de selección participativa de Tecpatán Chiapas- México. *Innovación más desarrollo*. 2014; 3.

57. Phillips W, Arciniegas A, Mata A, Matamayor J. Catálogo de clones de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2012;; p. 70.
58. Veliz Apolo BM. Auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
59. Baudilio J, Cumana. Revisión taxonómica del género *Theobroma*. Acta bot. Venez. 2005; 28.
60. Omolaja s, Aikpokpodion P, Oyedeji S, Vwioko D. Rainfall and temperature effects on flowering and pollen. African Crop Science Journal. 2009; 17(1): p. 41-48.
61. Meza Martinez GA. Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y dos Trinitarios en la finca experimental La Represa Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016.
62. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario meteorológico. [Online].; 2015. Available from: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>.
63. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria. Guía Tecnológica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) Nicaragua; 2010.

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable auto compatibilidad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPE	5.13	2	2.56	0.02	0.9827
PROGEN	16625.64	12	1385.47	9.42	<0.0001
Error	3528.21	24	147.01		
Total	20158.97	38			

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable compatibilidad cruzada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
REPE	373.29	2	186.65	0.94	0.3914
CRUCE	74955.98	77	973.45	4.92	<0.0001
Error	30460.04	154	197.79		
Total	105789.32	233			

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable longitud de pedúnculo registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	82.72	12	6.89	5.51	0.0001
Error	32.54	26	1.25		
Total	115.25	38			

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable longitud de sépalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	17.82	12	1.48	5.17	0.0002
Error	7.47	26	0.29		
Total	25.29	38			

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable ancho de sépalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1.70	12	0.14	4.04	0.0014
Error	0.91	26	0.04		
Total	2.61	38			

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable longitud de pétalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1.87	12	0.16	2.54	0.0227
Error	1.59	26	0.06		
Total	3.46	38			

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable ancho de pétalos registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	4.16	12	0.35	3.93	0.0017
Error	2.29	26	0.09		
Total	6.45	38			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable largo de estaminoides registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	9.85	12	0.82	4.29	0.0009
Error	4.98	26	0.19		
Total	14.83	38			

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable largo de pistilo registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	5.38	12	0.45	8.89	<0.0001
Error	1.31	26	0.05		
Total	6.69	38			

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable peso de la flor registrado en 13 clones elites de cacao. Finca experimental “La Represa”, 2017.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0.38	12	0.03	13.30	<0.0001
Error	0.06	26	0.0023		
Total	0.44	38			



Figura 5. Selección e identificación de los clones de cacao para la investigación



Figura 6. Labores culturales fertilización y deschuponado realizadas en los clones de cacao



Figura 7. Ubicación, selección y tapado de flores

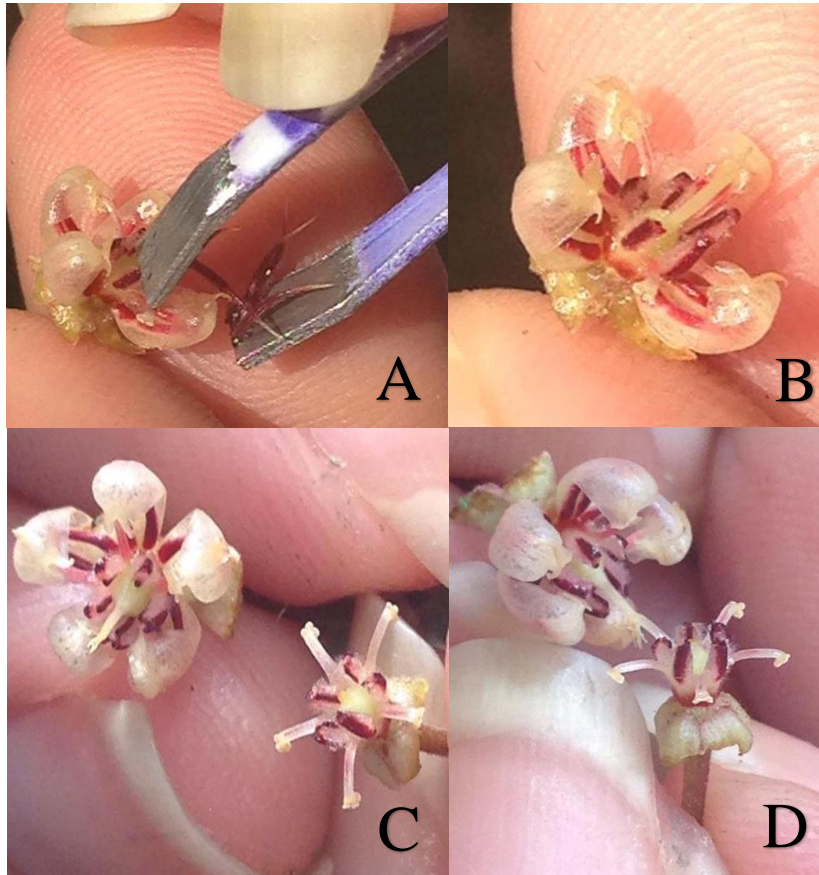


Figura 8. Preparación de las Flores: A. Eliminación de estaminoides, B. Flor sin estaminoides, C. Flores listas para cruzamiento, D. Polinización manual o controlada



Figura 9. Confirmación de fecundación de flores.

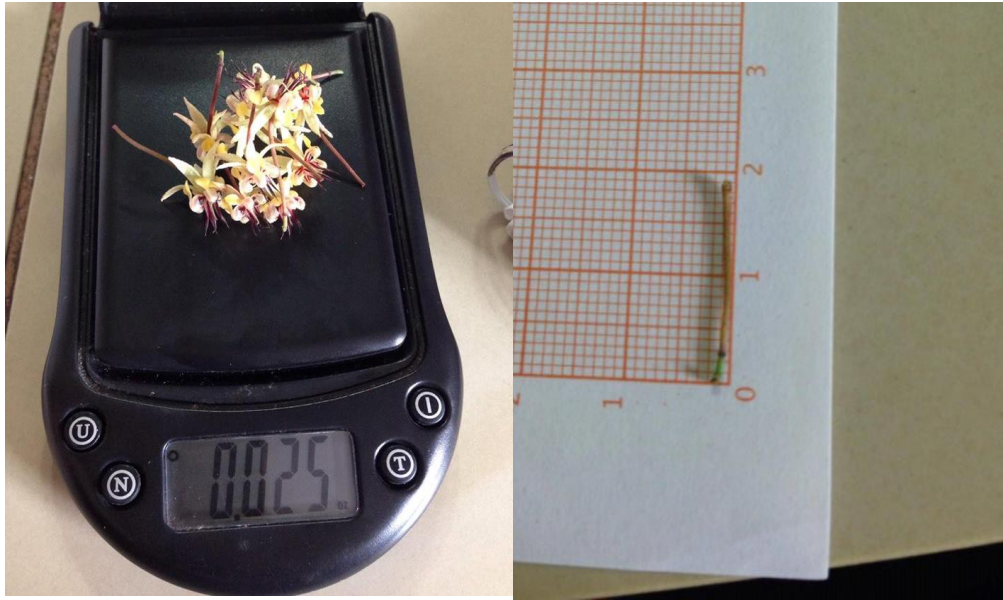


Figura 10. Caracterización morfológica de flores de cacao