



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agropecuario.

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“INTER-COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE SEIS GENOTIPOS SELECCIONADOS
COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
CACAO (*Theobroma cacao* L.)”

Autora:

Shirley Verónica Castro Jama.

Tutor del proyecto de investigación:

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

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Shirley Verónica Castro Jama**, 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.

Shirley Verónica Castro Jama
AUTORA

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Agr. M.Sc. Rommel Ramos Remache**. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la egresada **Shirley Verónica Castro Jama**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado: **“INTER-COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE SEIS GENOTIPOS SELECCIONADOS COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

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

Tutor del proyecto de investigación

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

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, siguiendo las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito **Ing. Agr. M.Sc. Rommel Ramos Remache**. En calidad de Director del Proyecto de Investigación de Grado “INTER-COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE SEIS GENOTIPOS SELECCIONADOS COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”, realizada por la estudiante de la Carrera Agropecuaria CASTRO JAMA SHIRLEY VERÓNICA, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es del 8%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“INTER-COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE SEIS GENOTIPOS
SELECCIONADOS COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE
MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Gerardo Segovia Freire M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jaime Vera Chang M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Godoy Montiel

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador
2020**

AGRADECIMIENTO

En la realización de este proyecto agradezco infinitamente a Dios por permitirme estar en este valioso momento en el que voy a alcanzar una meta más en mi vida. A mis padres Vicenta Jama, José Castro y a mis hermanas: Virginia, Andrea, Gregoria y Cecilia, quienes han forjado en mí una educación llena de valores y principios que son el más valioso aporte que tiene un profesional en su formación. A mi Tutor, Ing. Rommel Ramos, quien con mucha paciencia ha aportado con sus valiosos conocimientos en la realización del Presente Proyecto de Investigación.

Al Ing. Freddy Amores, Director del Proyecto Focicyt PFOC 6-52-2018 titulado “USO DE PROGENIES HIBRIDAS PARA LA IDENTIFICACION DE GENOTIPOS DE *Theobroma cacao* L. CON TOLERANCIA AL ESTRÉS HIDRICO, quien con su amplia experiencia en el comportamiento del cultivo supo guiarme en el cumplimiento de los objetivos de la investigación, la misma que forma parte del mencionado proyecto.

Al Ing. Ignacio Sotomayor Cantos por todo su apoyo y conocimientos impartidos en el transcurso de la investigación.

A aquellas personas como: Ing. Gerardo Segovia y Dra. Yenny Torres, Decano y Sub-Decano de la Facultad de Ciencias Pecuarias que contribuyeron en la gestión y aprobación de este Proyecto de Investigación, a amigos/as, familiares, docentes, personal administrativo universitario, y personas encargadas de las diferentes áreas de la UTEQ.

Al Ing. Luis Fernando Salazar Carranza quien ha compartido sus conocimientos durante mi desarrollo universitario y por brindarme su ayuda en el desarrollo de la investigación.

A Jandrieth Garzón Chávez por haber compartido conmigo todo el proceso de la investigación, siendo un buen compañero y gran amigo desde los inicios de nuestra carrera.

A Martha Salazar por ser una gran compañera y amiga que se ha ganado mi estima y aprecio y con quien he compartido mi etapa de estudio universitario.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi madre Vicenta Jama y a mis hermanas: Virginia, Andrea, Gregoria y Cecilia, quienes son las principales protagonistas, que con esfuerzo y sacrificio me supieron apoyar en cada día de estudio en la Carrera, a cada una de las personas que me ofrecieron sus consejos incondicionales y transmisión de experiencias para cumplir mi meta.

RESUMEN

La investigación se realizó 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, y en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, ubicada en el kilómetro 5 vía El Empalme, provincia del Guayas. El objetivo fue determinar la inter-compatibilidad genética en seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se empleó un arreglo dialélico incompleto en un diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 10 repeticiones, las variables evaluadas en relación a la morfología floral fueron: longitud de pedúnculo (L.PE), longitud de sépalo (L.SEP), ancho de sépalo (A.SEP), longitud de pétalo (L.PET), ancho de pétalo (A.PET), longitud del estaminoides (L.ESTA), longitud del pistilo (LPIS), peso de la flor (P.FLOR). Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al $P \leq 0.05$. Como conclusión el clon INIAP T484 obtuvo 20.60 mm de longitud de pedúnculo, el clon T24 presentó los mejores promedios respecto a la variable longitud de sépalo con 8.80 mm, ancho de sépalo con 2.10 mm, longitud del pistilo con 5.10 mm y el clon CCN-51 obtuvo los mayores promedios en relación a la variable longitud de pétalo con 6.60 mm y peso de flor con 0.08 mg, respecto al índice de inter-compatibilidad el cruce realizado entre EETP 800 x EETP 801 presentó un 80 (%) de inter-compatibilidad en cruces directos, mientras que para los cruces recíprocos destacó el cruce realizado en el clon CCN-51 x EETP 800 con un índice de inter-compatibilidad del 100 %, así mismo las estructuras morfológicas de la flor no estuvieron relacionadas con el índice de inter-compatibilidad.

Palabras claves: clones, cruces, Inter-compatibilidad.

ABSTRACT

The research was carried out at the Experimental Farm “La Represa” owned by the Quevedo State Technical University (UTEQ), located in the Fayta Campus, kilometer 7.5 of the San Carlos road, belonging to the canton, Quevedo, Los Ríos province, and at the Pichilingue Tropical Experimental Station, located at kilometer 5 va El Empalme, Guayas province. The objective was to determine the genetic inter-compatibility in six genotypes selected as parents in a cocoa genetic improvement program (*Theobroma cacao* L.). An incomplete diallelic arrangement was used in a completely randomized design (DCA), with 6 treatments and 10 repetitions, the variables evaluated in relation to the floral morphology were: peduncle length (L.PE), sepal length (L.SEP), width of sepal (A.SEP), petal length (L.PET), petal width (A.PET), staminoid length (L.ESTA), pistil length (L.PIS), flower weight (P.FLOR). The results were analyzed in the InfoStat statistical program, and subjected to the Tukey test at $P \leq 0.05$. As a conclusion, the clone INIAP T484 obtained 20.60 mm of peduncle length, clone T24 presented the best averages regarding the variable length of sepal with 8.80 mm, width of sepal with 2.10 mm, length of pistil with 5.10 mm and the CCN-clone. 51 obtained the highest averages in relation to the variable petal length with 6.60 mm and flower weight with 0.08 mg, regarding the inter-compatibility index the cross between EETP 800 x EETP 801 presented a 80 (%) of inter-compatibility in direct crosses, while for reciprocal crosses the crossing carried out in the clone CCN-51 x EETP 800 stood out with an intercompatibility index of 100%, likewise the morphological structures of the flower were not related to the index of inter-compatibility.

Key words: clones, crosses, Inter-compatibility.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	i
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iii
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
CÓDIGO DUBLIN	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de Investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco Conceptual.....	9
2.2. Marco Referencial.	11
2.2.1. Generalidades del cacao.	11
2.2.2. Clasificación taxonómica.	11
2.2.3. Descripción botánica.	11
2.2.3.1. Raíz.....	11
2.2.3.2. Tallo.....	12
2.2.3.3. Hojas.....	12
2.2.3.4. Flores.	12
2.2.3.5. Frutos.....	12
2.2.3.5. Semillas.	13
2.2.3.6. Biología floral.....	13
2.2.3.7. Estructura de la flor de cacao.	14

2.3. Tipos de cacao.	15
2.3.1. Criollos.	16
2.3.2. Forasteros.	16
2.3.3. Trinitarios.	17
2.3.4. Nacional.	17
2.3.5. Clon CCN-51.	18
2.4. Propagación.	18
2.4.1. Propagación asexual o vegetativa.	18
2.4.2. Propagación sexual.	19
2.4.3. Factores que afectan a la reproducción.	19
2.4.3.1. Factores ambientales.	19
2.5. Factores genéticos.	20
2.5.1. Compatibilidad genética	20
2.5.2. Incompatibilidad genética.	20
2.5.3. Formas alélicas	21
2.5.4. Modelos genéticos.	25
2.6. Investigaciones previas.	26
CAPÍTULO III	28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Localización y Duración del Experimento.	29
3.2. Tipo de investigación.	29
3.3. Métodos de investigación.	29
3.4. Fuentes de recopilación de información.	30
3.5. Diseño de la investigación.	30
3.6. Instrumentos de investigación.	31
3.6.1. Poda sanitaria.	31
3.6.2. Riego.	31
3.6.3. Fertilización.	31
3.6.4. Técnica de polinización cruzada y recíproca.	31
3.6.5. Variables a evaluar.	33
3.6.5.1. Longitud del pedúnculo (mm).	33
3.6.5.2. Longitud y ancho del sépalo (mm).	33
3.6.5.3. Longitud y ancho del pétalo (mm).	33
3.6.5.4. Longitud del estaminoides (mm).	33
3.6.5.5. Longitud del pistilo (mm).	34
3.6.5.6. Peso de la flor (mg).	34
3.6.5.7. Inter-compatibilidad.	34

3.6.5.8. Correlación de variables.	34
3.7. Tratamiento de los datos.	34
3.8. Recursos humanos y materiales.	35
3.8.1. Material genético.	35
3.8.2. Materiales de campo.	36
3.8.3. Materiales de oficina.	36
3.8.4. Equipos.	36
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Variables Relacionadas con la Morfología Floral.	38
4.1.1. Longitud del pedúnculo (mm).	38
4.1.2. Longitud y ancho del sépalo (mm).	39
4.1.3. Longitud y ancho del pétalo (mm).	40
4.1.4. Longitud del estaminoide (mm).	41
4.1.5. Longitud del pistilo (mm).	42
4.1.6. Peso de la flor (mg).	43
4.2. Índice de Inter-compatibilidad.	44
4.2.1. Cruzamientos directos	44
4.2.2. Cruzamientos recíprocos	45
4.3. Matriz de Correlación	46
CAPÍTULO V	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones.	49
5.2. Recomendaciones.	50
CAPÍTULO VI	51
BIBLIOGRAFÍA	51
6.1. Bibliografía.	52
CAPÍTULO VII	56
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Clasificación taxonómica del cacao.....	11
2. Características diferenciales entre los grupos de cacao; Criollo, Forastero y Trinitario.....	15
3. Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa” y la Estación Experimental Pichilingue.....	29
4. Esquema del Análisis de Varianza.....	30
5. Diseño de cruzamiento dialélico completo de clones de cacao. Establecidos en la Finca Experimental “La Represa” y la Estación Experimental Tropical Pichilingue.....	35
6. Descripción de los tratamientos.....	36
7. Promedio de la longitud del pedúnculo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	39
8. Promedio de la longitud y ancho del sépalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	40
9. Promedio de la longitud y ancho del pétalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	41
10. Promedio de la longitud del estaminoides (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	42
11. Promedio de la longitud del pistilo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	43
12. Promedio del peso de la flor (g) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	44

13.	Promedio de índices de inter-compatibilidad registrados en 15 cruzamientos directos en clones pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	46
14.	Promedio de índices de inter-compatibilidad registrados en 15 cruzamientos recíprocos en clones pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.....	47
15.	Matriz de correlación (P.FLOR: peso de la flor; L.PE: longitud del pedúnculo; L.SE: longitud de sépalos; ASE: ancho de sépalos; L.PET: longitud de pétalos; A.PET: ancho de pétalos; L.ESTA; longitud de estaminoide; L.PIS: longitud del pistilo; I.I.C: índice de inter-compatibilidad).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Flor de cacao y sus partes.....	14
2. Cacao grupo Criollo.....	16
3. Cacao grupo Forastero.....	16
4. Cacao grupo Trinitario.....	17
5. Cacao Nacional.....	17
6. Clon CCN-51.....	18
7. Diagrama de flores brevistilas y longistilas.....	21
8. Pasos de la técnica de polinización cruzada y recíproca.....	32
9. Fertilización de los árboles de cacao en estudio.....	59
10. Toma de datos.....	59
11. Flores de cacao emasculadas.....	59
12. Polinización manual de cacao.....	59
13. Cruce realizados.....	59
14. Frutos a los 30 días.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1.	Análisis de varianza de la longitud del pedúnculo.....	58
2.	Análisis de varianza de sépalo.....	58
3.	Análisis de varianza del ancho de sépalo.....	58
4.	Análisis de varianza de la longitud del pétalo.....	58
5.	Análisis de varianza del ancho del pétalo.....	58
6.	Análisis de varianza de la longitud del estaminoide.....	58
7.	Análisis de varianza del pistilo.....	58
8.	Análisis de varianza del índice de intercompatibilidad en cruces directos.....	58
9.	Análisis de varianza del índice de inter-compatibilidad en cruces recíprocos.....	59
10.	Actividades desarrolladas en la investigación.....	59

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“INTER-COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE SEIS GENOTIPOS SELECCIONADOS COMO PARENTALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.)”				
Autora:	Shirley Verónica Castro Jama				
Palabras claves:	Clones	Cruces	Inter-compatibilidad		
Fecha de publicación:					
Editorial:	UTEQ, 2020				
Resumen:	La investigación se realizó 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, y en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, ubicada en el kilómetro 5 vía El Empalme, provincia del Guayas. El objetivo fue determinar la inter-compatibilidad genética en seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.). Se empleó un arreglo dialélico incompleto en un diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 10 repeticiones, las variables evaluadas en relación a la morfología floral fueron: longitud de pedúnculo (L.PE), longitud de sépalo (L.SEP), ancho de sépalo (A.SEP), longitud de pétalo (L.PET), ancho de pétalo (A.PET), longitud del estaminoides (L.ESTA), longitud del pistilo (LPIS), peso de la flor (P.FLOR). Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al $P \leq 0.05$. Como conclusión el clon INIAP T484 obtuvo 20.60 mm de longitud de pedúnculo, el clon T24 presentó los mejores promedios respecto a la variable longitud de sépalo con 8.80 mm, ancho de sépalo con 2.10 mm, longitud del pistilo con 5.10 mm y el clon CCN-51 obtuvo los mayores promedios en relación a la variable longitud de pétalo con 6.60 mm y peso de flor con 0.08 mg, respecto al índice de inter-compatibilidad el cruce realizado entre EETP 800 x EETP 801 presentó un 80 (%) de inter-compatibilidad en cruces				

	directos, mientras que para los cruces recíprocos destacó el cruce realizado en el clon CCN-51 x EETP 800 con un índice de inter-compatibilidad del 100 %, así mismo las estructuras morfológicas de la flor no estuvieron relacionadas con el índice de inter-compatibilidad.
Abstract:	The research was carried out at the Experimental Farm “La Represa” owned by the Quevedo State Technical University (UTEQ), located in the Fayta Campus, kilometer 7.5 of the San Carlos road, belonging to the canton, Quevedo, Los Ríos province, and at the Pichilingue Tropical Experimental Station, located at kilometer 5 via El Empalme, Guayas province. The objective was to determine the genetic inter-compatibility in six genotypes selected as parents in a cocoa genetic improvement program (<i>Theobroma cacao</i> L.). An incomplete diallelic arrangement was used in a completely randomized design (DCA), with 6 treatments and 10 repetitions, the variables evaluated in relation to the floral morphology were: peduncle length (L.PE), sepal length (L.SEP), width of sepal (A.SEP), petal length (L.PET), petal width (A.PET), staminoid length (L.ESTA), pistil length (L.PIS), flower weight (P.FLOR). The results were analyzed in the InfoStat statistical program, and subjected to the Tukey test at $P \leq 0.05$. As a conclusion, the clone INIAP T484 obtained 20.60 mm of peduncle length, clone T24 presented the best averages regarding the variable length of sepal with 8.80 mm, width of sepal with 2.10 mm, length of pistil with 5.10 mm and the CCN-clone. 51 obtained the highest averages in relation to the variable petal length with 6.60 mm and flower weight with 0.08 mg, regarding the inter-compatibility index the cross between EETP 800 x EETP 801 presented a 80 (%) of inter-compatibility in direct crosses, while for reciprocal crosses the crossing carried out in the clone CCN-51 x EETP 800 stood out with an interocompatibility index of 100%, likewise the morphological structures of the flower were not related to the index of inter -compatibility.
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol de clima tropical, es originario de América del Sur en el área del alto Amazonas, en la actualidad se cultiva principalmente en Brasil, Ecuador, México, Colombia, Venezuela y República Dominicana (1).

El Ecuador se caracteriza por ser un neto exportador de cacao fino y de aroma, puesto que en promedio el 93.2% de la producción cacaotera se destina a la exportación y el 6.2% al consumo interno (2).

El cultivo de cacao tiene una gran importancia económica, por tratarse de un cultivo de exportación, siendo utilizado como materia prima en las industrias para la fabricación de semielaborados de chocolates, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el 2018 existió una superficie de 498.794 hectáreas plantadas, la producción de cacao en almendra seca fue de 309.066 tn, alcanzando un rendimiento promedio de 0.62 tn/ha (3).

Las plantas de cacao se clasifican en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero, Trinitario Nacional de Ecuador, además existen clones de cacao. Generalmente el grupo Forastero, es el que tiene una mayor variabilidad genética, mientras que el criollo tiene formas genéticamente definidas, los Trinitarios son híbridos formados por los dos primeros grupos, criollo y Forastero (4).

Los cultivos de climas tropicales como el cacao dependen en gran manera de los insectos polinizadores, un árbol adulto de cacao, en condiciones normales puede producir de 6.000 a 10.000 flores en un año, en donde solo el 0.01% del total de flores llega a transformarse en mazorcas. La fecundación de las flores puede ser baja debido a la falta de insectos polinizadores como la mosca (*Forcypomonia* spp.), aunque también se debe tener en cuenta otros factores que influyen como son: la edad de los árboles, el manejo agronómico, el control fitosanitario, la incompatibilidad genética, el exceso de sombra y como principal factor el cambio climático (5).

El clima es un recurso natural de gran importancia para el desarrollo de los cultivos, sin embargo, su influencia en los cultivos es determinante, llegando afectar a la producción agrícola mediante los desórdenes climáticos que existen hoy en día, su influencia en el cultivo de cacao no solo depende de las características climáticas donde se encuentre localizado, sino también de las condiciones en las que se maneja el cultivo. La adaptación de los cultivos al cambio climático es una de las vías que permitirá mitigar los problemas que se presentan en la producción cacaotera del Ecuador (6).

Sin embargo, a pesar de los avances que han desarrollado en los últimos años respecto a la utilización de materiales genéticos, aun es necesario realizar arreglos de siembra de acuerdo a la compatibilidad e inter-compatibilidad sexual de los materiales a usarse, y de esta manera permitan asegurar la fertilidad floral de las plantas de cacao. También es importante realizar investigaciones referentes a genotipos que presenten resistencia al cambio climático y que a su vez sean altamente productivos (7).

Esta investigación se realizó con el propósito a profundizar aspectos de la caracterización floral de los genotipos de cacao más conocidos en el Ecuador y algunos que aún no son lanzados al mercado ya que se encuentran en proceso de estudio, y a su vez haciendo énfasis en sus condiciones de inter-compatibilidad floral, lo que nos permitirá obtener genotipos que se adapten al cambio climático y que a su vez sean altamente productivos.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El cacao es un cultivo tradicional del Ecuador, el mismo que está expuesto a numerosos factores que limitan su producción, como son: genéticos, fisiológicos, ecológicos, patogénicos y culturales. En el factor genético existe una limitante, como es la incompatibilidad floral de las plantas de cacao, lo cual afecta a la producción reduciendo el rendimiento del cultivo. El clima es un factor abiótico que hoy en día está afectando al cultivo de cacao por los cambios climáticos que se presentan en sequías prolongadas o inundaciones.

Con el paso de los años los productores cacaoteros tendrán que enfrentar épocas más largas de sequía, dependiendo de la región en las que se encuentren las plantaciones de cacao. El uso de materiales genéticos, que no presentan resistencia a la inestabilidad que se presenta hoy en día, tiende a afectar en los ingresos de los productores por los bajos precios del mercado y los bajos rendimientos del cultivo.

Diagnóstico.

El cultivo de cacao es de gran interés económico en el Ecuador, en donde la mayor superficie sembrada corresponde al clon CCN-51 el mismo que tiene una producción que llega a superar los 50 quintales por hectárea en fincas altamente tecnificadas, llevando una gran ventaja sobre el cacao Nacional, el mismo que presenta una baja productividad, la cual puede estar dada por la genética de los árboles, aspecto fitosanitario con la presencia de enfermedades como: monilia (*Moniliophthora roreri*) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), la realización de un mal manejo agronómico, y por la incidencia del cambio climático que actualmente se muestran en el mundo. La inter-compatibilidad y el cambio climático que afecta a las plantaciones de cacao, nos lleva a realizar una investigación en donde se logre obtener individuos inter-compatibles y que a su vez presenten la capacidad de transmitir a las futuras generaciones el carácter de la resistencia o al menos tolerancia al cambio climático.

Pronóstico.

Se realizó un estudio de las características florales y factores genéticos en seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao, y se pronostica lo siguiente:

Al menos dos de los seis genotipos de cacao presentarán una morfología floral apropiada que favorezca la polinización cruzada en cacao, la cual estará determinada por factores que se presentan en la libre polinización como son: incompatibilidad genética, que llega a afectar los rendimientos del cultivo y los ingresos de los productores agrícolas del país.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo influye la inter-compatibilidad de seis genotipos seleccionado como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

1.1.3. Sistematización del problema.

El proyecto de investigación lleva a plantear las siguientes preguntas:

¿Cómo determinar la relación entre las características morfológicas de la flor y la fecundación en los genotipos de cacao seleccionados como parentales?

¿Cuáles serán los clones de cacao que presenten el mayor índice de inter-compatibilidad?

¿Cómo se relacionaran las variables morfológicas con los índices de inter-compatibilidad?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

- Determinar la inter-compatibilidad genética en seis genotipos seleccionados como parentales en un programa de mejoramiento genético de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.2.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar la morfología floral de seis clones de cacao seleccionados por productividad y resistencia al cambio climático.
- Determinar el índice de inter-compatibilidad de los clones en cuestión.
- Relacionar variables morfológicas con los índices de inter-compatibilidad.

1.3. Justificación.

La investigación se realizó con el fin de obtener árboles de cacao que sean productivos, que presenten resistencia a los desórdenes climáticos, y que a su vez sean apreciados por los mercados internacionales, los mismos que tienen una preferencia por el cacao Nacional, ya que este posee excelentes características organolépticas y de calidad.

Mediante la presente investigación se busca aportar en la mejora de la economía de los productores cacaoteros del país, mediante la utilización de genotipos seleccionados en un programa de mejoramiento genético, que se adapten a las condiciones climáticas adversas, que hoy en día están afectando a la producción cacaotera del Ecuador y del mundo.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

Déficit hídrico.

El déficit de agua en las plantas provoca la inhibición del crecimiento vegetal y de la fotosíntesis, a causa del cierre de los estomas para evitar la pérdida de agua por la transpiración (8).

Potencial hídrico.

El potencial hídrico impulsa el transporte a través de las membranas celulares y también se usa como una frecuencia para medir el estado hídrico de una planta, a causa de la pérdida de agua por la transpiración, raras veces las plantas se encuentran completamente hidratadas (8).

Clon.

Un clon es un grupo de individuos que son generados a partir de una parte de la planta madre, estas pueden ser yemas, partes del tallo o raíces. Los clones son genéticamente idénticos y poseen las mismas características de la planta madre (9).

Polinización.

Polinizar consiste en tomar la parte masculina de la flor que son: los estambres con su saco polínico, estas partes se las considera como padre. Se frota en la parte femenina de la flor como es la parte superior estigma o tubo polínico, lo cual es considerado como madre (10).

Compatibilidad.

Es la capacidad de una planta de cacao para generar semillas, ya sea por autopolinización o polinización cruzada, estas se pueden dar por métodos naturales como: viento, insectos, o métodos artificiales los que son realizados por la mano del hombre (11).

Incompatibilidad.

La incompatibilidad sexual es un problema genético, el cual se encuentra determinado por los procesos bioquímicos, en donde se da lugar al reconocimiento, aceptación o rechazo del polen, teniendo lugar en el tubo polínico de la flor receptora, en ciertos casos se da en el estigma. La incompatibilidad sexual es expresada en porcentajes de flores que han sido fecundadas, presentando el cuajado del fruto (12).

Plantas Inter-compatibles.

Son aquellas en donde el polen de las flores de un árbol de cacao puede fecundar a las flores de otro árbol (11).

Plantas Inter-incompatibles.

Son plantas en donde el polen de las flores de un árbol de cacao no puede fecundar a las flores de otro árbol (11).

2.2. Marco Referencial.

2.2.1. Generalidades del cacao.

El cacao es originario de Sudamérica y domesticado en Mesoamérica, su nombre científico es (*Theobroma cacao* L.) el cual proviene de la lengua griega que significa “alimento para los dioses”, este árbol crece y se desarrolla usualmente bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América Sur. Para los mayas el cacao tenía un gran valor y lo utilizaban como moneda para poder realizar intercambios o trueques comerciales. El cacao también es una fuente de ingreso muy importante para las familias productoras, y para las industrias que lo utilizan como materia prima para elaborar subproductos a base de cacao (13).

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Tabla 1. *Clasificación taxonómica del cacao.*

Reino	: Plantae
División	: Espermatofita
Clase	: Angiosperma
Sub-clase	: Dicotiledónea
Orden	: Malvales
Sub-orden	: Malvinas
Familia	: Esterculiáceas
Tribu	: Bitneria
Género	: <i>Theobroma</i>
Especie	: Cacao (14).

Fuente: *Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc.*

2.2.3. Descripción botánica.

2.2.3.1. Raíz.

Su raíz principal es pivotante y penetra hacia abajo los primeros meses de edad de la planta, estas pueden llegar a crecer entre los 120 y 150 cm, en suelos sueltos llega a mediar hasta 2 m. Después nacen las raíces secundarias, con un volumen entre 85-90% las mismas que se encuentran a una profundidad de 25cm en el suelo alrededor del árbol. Los clones de cacao

ramilla, no tienen una raíz pivotante, solo presentan raíces laterales de las cuales una de ellas actúa como raíz pivotante profundizando el suelo, para tratar de sostener el árbol (15).

2.2.3.2. Tallo.

El árbol de cacao es caracterizado por tener una altura de 5 – 8 m, aunque arboles adultos como el nacional puede llegar a medir hasta 15 m. En plantas que se propagan por semillas, el tallo tiende a crecer verticalmente y alcanza una altura de 1 - 1.15m, donde se detiene el crecimiento apical y tienden a emitir de 3 - 5 ramas laterales (15).

2.2.3.3. Hojas.

Las hojas son enteras y pigmentadas, la mayoría son de color verde bastante variable, tienen un tamaño de 15 - 50 cm de longitud y de 5 - 20 cm de ancho. Aunque se debe tener en cuenta que el tamaño de la hoja varía en respuesta a las condiciones ambientales como: con menos luz las hojas son grandes, con más luz las hojas son pequeñas. La forma del limbo puede ser: elíptica, ovada o abovedada, con peciolo que presentan dos engrosamientos denominados “pulvínulos” uno se encuentra en la inserción con el tallo y el otro en la inserción con el limbo foliar (16).

2.2.3.4. Flores.

Flores individuales, hermafroditas pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres y 5 lóculos por ovario), flores completas con todos sus verticilos florales y perfectas con androceo y gineceo. Se presentan en el tronco de forma solitaria o en grupos a los que se les denomina cojinetes florales (16).

2.2.3.5. Frutos.

Los frutos generalmente son bayas, con tamaños de 10 – 42 cm presentado forma variable, con una superficie lisa o rugosa, el color va a depender de los genotipos, este puede ser rojo o verde en estado inmaduro, los frutos en su interior se dividen en cinco celdas (16).

2.2.3.5. Semillas.

Los frutos o bayas contienen de 20 a 40 semillas, estas son grandes del tamaño de una almendra de (2 -3 cm) de longitudes y se encuentran recubiertas con mucilago de color blanco, el mismo que tiene distintos sabores, aromas y grados de acidez. Dentro de la semilla se encuentran los cotiledones que pueden presentar color morado, violeta, rosado o blanco, dependiendo el genotipo (16).

2.2.3.6. Biología floral.

El cacao es una planta cauliflora cuyas flores se insertan sobre el tronco de las ramas principales, estas estructuras se denominan cojinetes florales. Las estructuras florales nacen endógenamente del floema. En general el período desde que surge un botón floral hasta su apertura es de casi 30 días, se debe tener en cuenta que este proceso se ve influenciado por los factores climáticos de la zona (17).

El botón floral de cacao comienza su apertura después del mediodía, el proceso de la apertura se presenta con un movimiento lento de los sépalos en donde se separan, la mayor apertura de los botones florales se da cuando va a finalizar la tarde, habitualmente cuando existe menos humedad y mayor cantidad de luz. Por lo general las anteras de las flores se encuentran abiertas en la mañana, y los gramos de polen están listos para que se realice el proceso de fecundación (17).

Un árbol de cacao llega a producir un promedio 4554 ± 687 flores en un periodo de seis meses, tiempo en donde el proceso de polinización es seguro, luego de la fecundación se formará un fruto. Existen muchos factores que afectan la producción del cacao, entre las importantes se encuentran las enfermedades como la monilia que es producida por el hongo (*Moniliophthora roreri*). Entre los factores más importantes que afectan la producción está el ataque de enfermedades, también la disminución de los insectos polinizadores por el mal uso de los pesticidas, principalmente los insecticidas (17).

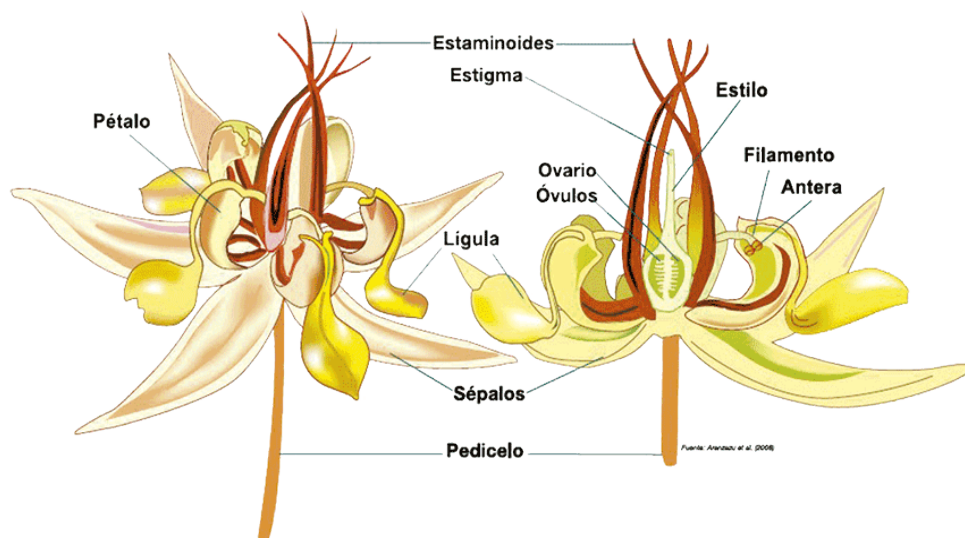


Figura 1. *Flor de cacao y sus partes*
Fuente: (CATIE) (18).

2.2.3.7. Estructura de la flor de cacao.

La flor del cultivo de cacao es hermafrodita que quiere decir que posee las estructuras femeninas y masculinas; la longitud puede variar de 1 a 3 cm, fluctuando en un diámetro entre 0.50 y 1 cm, su fórmula floral es:

*; S5; P5; E5+5; G (5); baya

*: Flor con estructura radial

S5: Cáliz formador por cinco sépalos, siendo estos carnosos o de color blanco o rosado fusionados en la base, y se abren para formar la base que va a proteger el resto de la estructura floral (19).

P5: La corola posee 5 pétalos, con unas medidas de 6 a 9 milímetros, los mismos que se encuentran alternados con los sépalos y presentan una estructura a manera de pliegue denominada cógula o concha que tiene un color blanco y presenta dos nervaduras que le brindan resistencia (19).

E5 + 5: Corresponde al androceo que es la parte masculina de la flor, el cual se encuentra formado 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 (19).

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 (19).

La estructura de la flor de cacao está hecha para impedir la polinización de una manera fácil, ya que su polen no se encuentran al alcance de todos los insectos que se alimentan de ella, insectos como la abeja común o los melipóninos son incapaces de impregnarse de polen de cacao debido a la barrera física que es creada por los pétalos sobre las anteras (19).

2.3. Tipos de cacao.

Las plantas de cacao se clasifican en la especie *Theobroma cacao* la cual esta subdividida por tres grupos genéticos de cacao, como son: Criollos, Trinitarios y Forasteros (20). Ver tabla 2 Características diferenciales entre los grupos de cacao.

Tabla 2. Características diferenciales entre los grupos de cacao; Criollo, Forastero y Trinitario.

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

Fuente: Ministerio de comercio exterior y turismo de Perú (16).

2.3.1. Criollos.

Los cacaos criollos son originarios del norte del Sudamérica y Centro América, estos se caracterizan por tener frutos alargados de punta pronunciada, doblada y aguda. El color de sus frutos es rojo o amarillo al estado de madurez. Sus flores tienen estaminoides de color rosado pálido, los cotiledones presentan color blanco o violeta pálido. Este cacao es rico en aromas y sabores, de este cacao se elaboran los chocolates de excelente calidad (21).



Figura 2. Cacao grupo criollo

Fuente: Worldstandards “El mundo del chocolate” (22).

2.3.2. Forasteros.

El grupo de los cacaos Forasteros son originarios de la cuenca Amazónica, y se producen en cuatro continentes como: África, Asia, América y Oceanía. Sus frutos son de forma ovalada y corta, los estaminoides son pigmentados de color violeta, los colores de la mazorca varían entre verde y amarillo cuando el fruto ya está maduro, las almendras son pequeñas y aplanadas, estas pueden ser de color púrpura oscuro o violeta pálido, esto va a depender de la cantidad de taninos presentes (21).



Figura 3. Cacao grupo Forastero

Fuente: Worldstandards “El mundo del chocolate” (22).

2.3.3. Trinitarios.

Los Trinitarios son aquellos que surgen del cruzamiento de un cacao criollo y un Forastero. Sus plantas son robustas y sus frutos pueden presentar color verde o pigmentado, las almendras de este tipo de cacao son de color violeta oscuro o rosa pálido (21).



Figura 4. *Cacao grupo Trinitario*

Fuente: *Worldstandards “El mundo del chocolate”* (22).

2.3.4. Nacional.

La variedad de cacao Nacional se la ha considerado por mucho tiempo que pertenece a los cacaos Forasteros, pero aún se la mantiene como un grupo aparte, por presentar característica de calidad y aroma, lo que lo asemeja más al grupo de los criollos. Las mazorcas de este cacao son de forma amelonadas y estrangulaciones en la base y el ápice de la mismo, presenta lomos y surcos profundos, las almendras tiene un color violeta pálido o lila (23).



Figura 5. *Cacao Nacional*

Fuente: *Worldstandards “El mundo del chocolate”* (22).

2.3.5. Clon CCN-51.

El CCN-51 es un clon que presenta tolerancia a las enfermedades como Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y a su vez también brinda una alta productividad. Es un clon que se adapta a todas las zonas tropicales, esta planta de cacao tiene un rendimiento promedio de 40 a 50 quintales por hectárea. Su producción comienza cuando la planta tiene 18 meses de edad (24).



Figura 6. *Clon CCN-51*

Fuente: *Anecacao* (25).

2.4. Propagación.

En el cultivo de cacao existen dos tipos o formas básicas de propagación: la sexual por semillas, y la propagación asexual que es mediante la utilización de otros medios como estacas, acodos y los injertos (26).

2.4.1. Propagación asexual o vegetativa.

La propagación asexual es un método en el cual se utilizan los tejidos vegetativos de plantas elite, es decir que son plantas altamente seleccionadas entre muchas otras, por poseer características o cualidades excepcionales. Los métodos que más se utilizan en este tipo de propagación son: injertos, acodos y estacas enraizadas. A partir de estos tejidos vegetativos se forma una nueva planta de cacao. Dentro de los métodos mencionados, el más utilizado es el injerto, los cuales permiten obtener plantas iguales al árbol de donde se adquirió el tejido vegetativo (27).

2.4.2. Propagación sexual.

En este método de propagación se necesita la presencia de ambas estructuras florales masculina y femenina, que mediante el proceso de fecundación se da la producción o formación de las semillas, este tipo de propagación se realiza mediante el uso de semilla certificada (26).

2.4.3. Factores que afectan a la reproducción.

2.4.3.1. Factores ambientales.

Temperatura.

La temperatura es uno de los factores abióticos de mucha importancia en relación con el desarrollo, floración y fructificación de la planta de cacao. La temperatura media anual para el cultivo de cacao es alrededor de los 25°C. La temperatura mínima es de 23°C la máxima de 32°C (28).

Luminosidad.

La luz es factor abiótico de relevancia para el desarrollo del cultivo de cacao, especialmente para que este pueda realizar la fotosíntesis. En la fase de establecimiento del cultivo se recomienda sembrar otras plantas para darle sombra, ya que las plantas jóvenes son afectadas si reciben directamente los rayos solares (28).

Humedad.

Algunos autores indican que el cultivo de cacao requiere de una alta humedad relativa para su completo desarrollo, aunque la humedad relativa puede bajar hasta un 40 a 50% y no afecta de ninguna manera al cultivo, siempre y cuando en el suelo tenga suficiente agua. Razones como estas explican el motivo por el cual el cacao también puede ser sembrado en zonas secas (29).

Precipitación.

El cultivo de cacao requiere de un adecuado suministro de agua para que este pueda cumplir sus procesos metabólicos, este requiere de una precipitación de 1.600 a 2.500 mm los cuales deben estar distribuidos en todo el año. La temperatura condiciona mucho la relación del desarrollo, floración y fructificación del cultivo (30).

Vientos.

El factor viento tiende a determinar la rapidez de evapotranspiración del agua en la planta y en el suelo. Los cultivos que se encuentran expuestos a vientos considerables de manera continua llegan a perder sus hojas de manera temprana. En los cultivos donde el viento llega a una velocidad de 4m/seg, y con poca sombra, se pueden observar defoliaciones importantes (30).

2.5. Factores genéticos.

2.5.1. Compatibilidad genética

La compatibilidad es una cualidad muy significativa, porque permite facilitar los cruzamientos que se realizan, y posibilita el cuajado de los frutos de cacao, dando la posibilidad de sembrar los clones que se obtienen en áreas iguales (31).

2.5.2. Incompatibilidad genética.

La incompatibilidad en el cultivo de cacao está dada por un factor genético en donde el polen que es viable es rechazado y no llega al estigma o al ovario de la flor que va a ser polinizada. Cuando el polen de una flor no llega a fecundar los óvulos del mismo material genético, se dice que este genotipo es auto incompatible. Cuando el polen de una flor de cacao no puede fecundar los óvulos de las flores de otras plantas de cacao, se lo denomina como inter-incompatible o incompatibilidad cruzada (32).

2.5.3. Formas alélicas

Se distinguen dos sistemas de incompatibilidad que son: heteromórfico y homomórfico.

La incompatibilidad, en el sistema heteromórfico, se da en diferencias morfológicas de las flores de diversas plantas. Por ejemplo: en *Prímula vulgaris*, las anteras y los estigmas pueden ocupar dos posiciones complementarias en flores diferentes, que se pueden observar en la Figura 7 (33).

Estas especies de *Primula* exhiben, también el dimorfismo en relación con el tamaño de los granos de polen y las células estigmáticas. Plantas longistilas tienen células estigmáticas grandes y granos de polen pequeños, mientras que las plantas brevistilas son portadoras de células estigmáticas pequeñas y granos de polen grandes (33).

El mismo autor sostiene que este carácter es controlado por un solo locus con dos alelos S y s, los cuales condicionan dos genotipos Ss (brevistilas) y ss (longistilas). El genotipo SS es deletéreo. Los únicos cruzamientos totalmente compatibles con brevistilas x longistilas (Ss x ss) o longistilas x brevistilas (ss x s). Ambos cruzamientos segregan para dar una dependencia constituida por igual número de plantas longistilas y brevistilas.

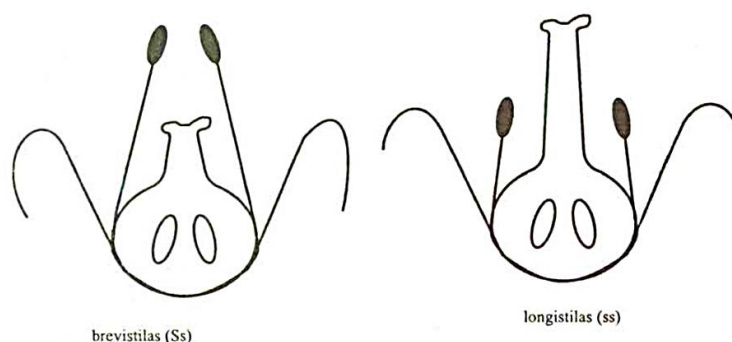
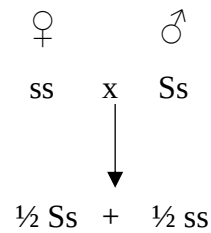
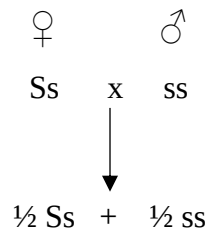


Figura 7. Diagrama de flores brevistilas y longistilas
Fuente: Mejoramiento genético de plantas (33).



Los granos de polen que contienen los alelos S ó s procedentes de una planta brevistilas (Ss) son compatibles sobre estigmas de una planta longistila (ss) y similarmente, el polen s aportado por una planta longistilas es compatible sobre una planta brevistilas (Ss), pero ambos tipos de polen S y s resultan débilmente compatible sobre los estilos Ss y ss cuando proceden, respectivamente de genotipos Ss y ss (34).

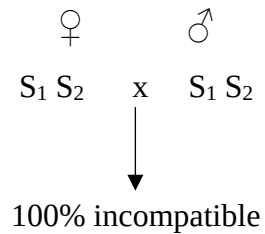
La incompatibilidad, en el sistema homomórfico, no se basa en diferencias morfológicas de las flores, sino en la constitución genotípica de la planta, especialmente en el genotipo del gametofito o esporofito. En el sistema homomórfico se distinguen dos tipos de incompatibilidad: gametofítica y esporofítica (34).

En el sistema gametofítica, y la incompatibilidad resulta de la interacción entre el polen haploide y el estilo diploide y se manifiesta por la inhibición total o parcial del crecimiento del tubo polínico en su propio estilo o en otro estilo portado del mismo alelo. Se encuentra controlada, generalmente, por un solo locus S (locus de incompatibilidad) caracterizado porque tiene un gran número de formas alélicas: S₁, S₂, S₃,.....S_n (serie alélica múltiple) (34).

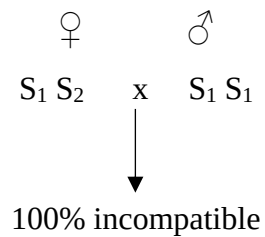
El mismo autor plantea que si el grano de polen contiene, por ejemplo, el alelo S₁, este no crecerá normalmente en el estilo diploide de una planta portadora del mismo alelo. Así, si una planta S₁ S₂ es polinizada por su propio polen o por el polen de otra planta S₁ S₂, ningún grano de polen alcanzara a los óvulos a tiempo para la fecundación. Los alelos de incompatibilidad del estilo no exhiben dominancia ni cualquier otra forma de interacción interalélica, existiendo por lo tanto completa independencia de acción en el estilo diploide.

El sistema gametofítico da lugar a tres tipos de polinización (35):

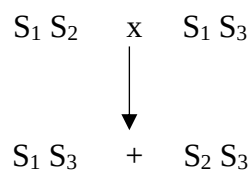
1. Incompatibilidad completa: ocurre entre plantas con igual genotipo de incompatibilidad; aquí se incluye la autopolinización. Ejemplo:



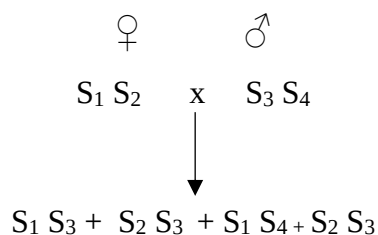
O en la polinización de homocigoto cualquiera (como padre) como heterocigoto (como madre) que tenga un alelo común con el homocigoto.



2. La mitad del polen es compatible; cuando las plantas tienen un alelo de incompatibilidad común. Ejemplo:



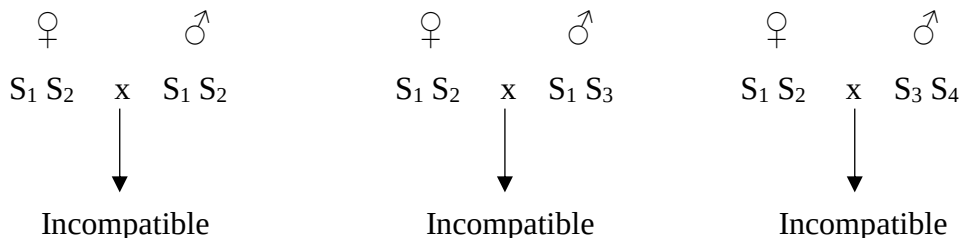
3. Todo el polen es compatible: cuando las plantas tienen alelos diferentes. Ejemplo:



En el Sistema esporofítico el fenómeno de incompatibilidad se encuentra determinado por el núcleo diploide del esporofito. En otras palabras, los genotipos de polen y del ovulo son determinados por el genotipo del tejido materno (36).

El sistema esporofítico se parece al gametofítico en que también está controlado por un solo gen S con alelos múltiples. Difiere del sistema gametofítico en que la reacción de incompatibilidad es impartida al polen por la planta a que este pertenece. Además, en el sistema esporofítica está gobernada por un locus simple S con cinco alelos múltiples, por lo menos, con el siguiente orden de dominancia: $S_1 > S_2 = S_3 > S_4 > S_5$. Además se ha comprobado que la reacción de incompatibilidad no se produce en el estilo, como sucede en otras especies, sino dentro del saco embrionario. También existen dos loci simples (A y B) con dominancia completa que actúan como precursores necesarios para que se dé la incompatibilidad (36).

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



Para explicar la reacción de incompatibilidad se han sugerido dos mecanismos; uno de estimulación complementaria y otro de reacción inhibidora. Por el primer mecanismo se supone que los tubos polínicos compatibles crecen más rápidamente debido a que son estimulados por una sustancia en el estilo, que se complementaría de los productos transportados por el polen. Se supone que los tubos incompatibles se desarrollan más lentamente debido a que faltan las sustancias promotoras del crecimiento o posiblemente a que las que se presentan en los tubos polínicos no son complementaria a las existentes en el estilo. Por otra parte, la inhibición de los tubos polínicos incompatibles lleva consigo la acción de un inhibidor que únicamente es específico contra los granos de polen o los tubos polínicos que tienen los mismos alelos que se halla presentes en el estilo. La mayor parte de los hechos son observados soportan la tesis de la presencia de una operación delimitada por

un sistema inhibidor de tal tipo que tiene muchos aspectos en común con la reacción que se presenta en los animales de antígeno-anticuerpo (33).

2.5.4. Modelos genéticos.

La metodología de Griffing, en el análisis de cruzamientos dialélicos se pueden generar cuatro métodos de análisis, dependiendo del tipo de material experimental que se utilice (37):

- Método 1: Incluye progenitores, cruzamientos directos y cruzamientos recíprocos (todas las p^2 combinaciones).
- Método 2: Incluye progenitores y cruzamientos directos, pero no tiene en cuenta los recíprocos. Comprende los materiales presentes en la diagonal y encima de la diagonal $(p+1)/2$ combinaciones).
- Método 3: Incluye los cruzamientos directos y recíprocos, pero no incluye los progenitores. Se eliminan los materiales presentes en la diagonal $p(p-1)$ combinaciones).
- Método 4: Incluye solamente los cruzamientos directos. No incluye los progenitores ni los cruzamientos recíprocos $(p-1)/2$ combinaciones).

De acuerdo con la naturaleza de los progenitores, se pueden generar dos modelos de análisis, este caso hablaremos del modelo 1.

Modelo 1: Llamado también modelo fijo, en el cual los progenitores han sido deliberadamente seleccionados y constituyen, *per se*, el material sobre el cual se realiza el estudio y no hay una población de referencia sobre la que se hará inferencia de ningún tipo. En estos estudios se estiman efectos genéticos tales como habilidades combinatorias generales y específicas, pero no se pueden determinar componentes de varianzas genéticas y por lo tanto tampoco heredabilidad (37).

2.6. Investigaciones previas.

Segovia (2017), realizó un estudio sobre la Relación de la morfología floral con la compatibilidad genética en 13 clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.), y utilizó un arreglo dialélico incompleto para evaluar la compatibilidad y compatibilidad cruzada de los clones, y en el estudio de la biología floral evaluó las siguientes variables: longitud del pedúnculo (LP), longitud de sépalos (LS), ancho de sépalos (AS), longitud de pétalos (LPE), ancho de pétalo (AP), longitud del estaminoides (LE), longitud de pistilo (LPI) y el peso de la flor (20)

Mendoza (2015), realizó una investigación en Compatibilidad genética de 64 clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos Nacional y Trinitario. Se realizaron auto polinizaciones en 64 clones, 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 (23).

Meza, G. realizó 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 (38).

Veliz (2015), evaluó la Auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.), más un testigo comercial JHVH-10, cada unidad experimental estuvo constituida por cinco flores, en donde determinó la morfología de la flor de cacao, esta investigación fue realizada en la Finca Experimental “La Represa”. (39).

Mindiola (2017), realizó un investigación sobre la Caracterización fenotípica en flores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa, y determinó el porcentaje de fecundación con quince flores por tratamiento, también registró variables morfológicas de la flor de cacao (40).

Laje (2013), realizó un estudio sobre la Evaluación de la auto-compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional y Trinitario en el litoral ecuatoriano, y en su investigación menciona que el ancho de sépalo puede alcanzar un promedio de 2mm (41).

Ramírez (2019), evaluó la Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales, en donde evaluó la intercompatibilidad de cultivares de cacao seleccionados para la producción y comercialización en Honduras (42).

Aránzazu, F. Martínez, N. y Rincón, D. (2008), realizaron un estudio sobre la Auto-compatibilidad e inter-compatibilidad sexual de materiales de cacao, en donde evaluó la compatibilidad sexual de los 21 materiales más utilizados en Colombia (43).

Sánchez (2019), realizó estudio de la compatibilidad genética de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) desarrollada en el Banco de Germoplasma de la Agencia Agraria de la provincia de Jaén, para llevar a cabo esta investigación cumplió los siguientes objetivos como fue determinar la auto-compatibilidad, auto-intercompatibilidad y auto-incompatibilidad, también estableció la compatibilidad cruzada y determinó el porcentaje de fecundación de cuatro clones de cacao tipo criollo (Marañón M-5), y Trinitario (CCN-51, ISC95, ISC6), polinizó 15 flores de cada árbol por cada clon (44).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y Duración del Experimento.

La 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 Quevedo San Carlos, perteneciente al cantón, Quevedo, provincia de los Ríos, y en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, ubicada en el kilómetro 5 vía Quevedo El Empalme, provincia del Guayas. Esta investigación se inició en el mes de diciembre del 2019 con una duración de seis meses. En la tabla 3 se muestran las características meteorológicas de la localización del experimento.

Tabla 3. *Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa” y la Estación Experimental Tropical Pichilingue.*

Parámetros	Finca Experimental “La Represa”	Estación Experimental Tropical Pichilingue
Temperatura (°C)	25.47	24.10
Humedad relativa (%)	85.84	85.48
Precipitación anual (mm)	2223.78	2252
Heliofanía (horas/luz/año)	898.77	894
Zona ecológica	bh – T	bh – T
Topografía	Ligeramente ondulada	Ligeramente ondulada

Fuente: Estación Experimental Tropical Pichilingue (45).

Elaborado por: Autora.

3.2. Tipo de investigación.

La investigación que se realizó es de tipo experimental que tributa a la línea de investigación: desarrollo de sistemas de producción que promuevan el uso eficiente de los recursos genéticos y ambientales (suelo, agua, luz). Esta investigación tributa al área Agricultura, Silvicultura y Producción Animal, línea 1 “Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivo de interés estratégico para el Ecuador”.

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 intercompatibilidad genética en 6 clones de cacao (*Teobroma cacao* L.). seleccionados por productividad y resistencia al cambio climático.
- Método de observación, mediante observación directa en el campo de las polinizaciones cruzadas.

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 directa en el campo.

3.5. Diseño de la investigación.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos (clones de cacao) con 10 repeticiones, cada unidad experimental estuvo constituida por 10 flores.

Para determinar diferencias entre medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al ($P \leq 0,05$). Ver esquema del Análisis de Varianza en la tabla 4.

Tabla 4. Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de variación		Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	6-1	5
Error experimental	t(r-1)	6(10-1)	54
Total	(t*r-1)	(6*10-1)	59

Elaborado por: Autora.

El modelo matemático:

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

Donde:

Y_{ij} = Total de observaciones

μ =Media general

T_i = Efecto de los tratamientos en estudio

E_{ij} =Error experimental

3.6. Instrumentos de investigación.

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

3.6.1. Poda sanitaria.

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

3.6.2. Riego.

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

3.6.3. Fertilización.

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

3.6.4. Técnica de polinización cruzada y recíproca.

El método para ejecutar la polinización manual es aquel que consiste en escoger un botón floral que esté listo para abrirse al día siguiente, se le puede reconocer por poseer una apariencia abultada y unas leves fisuras entre pétalos, luego que se realice la selección se la comienza a cubrir con tubos eppendorf transparentes de 10 mm de diámetro por 40 mm de largo, los mismos que serán tapados con algodón.

A la mañana siguiente, cuando las flores de cacao están completamente abiertas se comienza a retirar el algodón y los tubos con mucho cuidado evitando lesionar la flor, la herramienta principal se empleará es una pinza de metal que ayudará a eliminar los estaminoides, estambres, pétalos y anteras, dejando libre y visible el estigma de la flor.

A continuación se procedió a aplicar el polen de una flor de un clon diferente porque es una polinización cruzada, del clon que se usará como donante se recolectará las flores y se las depositará en unos tubos, con la pinza se realizó la separación de 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 que ya han sido polinizadas con los tubos plásticos y su respectiva identificación.

Al tercer día transcurrido se realizó la inspección de las flores que fueron polinizadas para observar si hubo fecundación, ya que el polen solo es viable hasta aproximadamente 48 horas, la fecundación se identificará por el abultamiento de los ovarios en caso de no estar fecundada la flor se encontrará caída. Al séptimo día se realizó la toma de datos para constatar el prendimiento de las flores polinizadas. Al décimo quinto día observaron pequeños frutos formados en las flores que han sido polinizadas, y se procedió a retirar los tubos eppendorf. Al treintavo día se observó el fruto con un tamaño mayor y con un pedúnculo de mayor grosor.

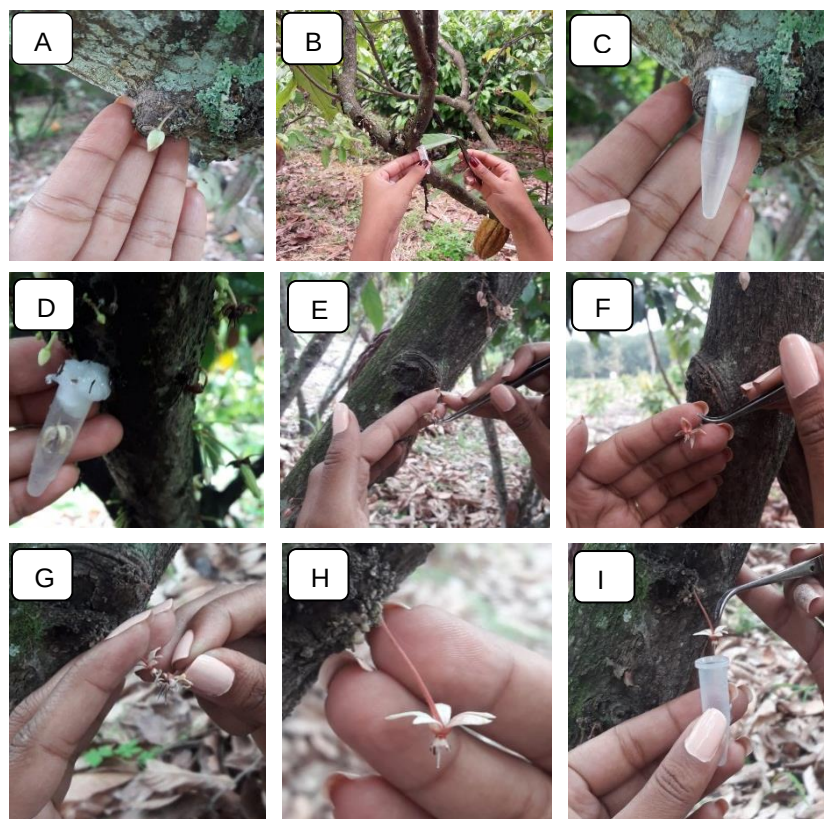


Fig. 8. *Pasos de la técnica de polinización cruzada y recíproca.*

3.6.5. Variables a evaluar.

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

- Longitud del pedúnculo (mm)
- Longitud y ancho del sépalo (mm)
- Longitud y ancho del pétalo (mm)
- Longitud del estaminoides (mm)
- Longitud del pistilo (mm)
- Peso de la flor (mg)
- Intercompatibilidad
- Correlación de variables

3.6.5.1. Longitud del pedúnculo (mm).

La medición de longitud del pedúnculo se realizó desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos, por medio de una hoja milimetrada.

3.6.5.2. Longitud y ancho del sépalo (mm).

Con la ayuda de una pinza se logró separar los sépalos de la flor con el fin de medir el largo y ancho de los mismo utilizando una hoja milimetrada.

3.6.5.3. Longitud y ancho del pétalo (mm).

Con la ayuda de una hoja milimetrada, se midió el largo y ancho del pétalo

3.6.5.4. Longitud del estaminoides (mm).

Para medir la longitud del estaminoides se tomaron con precaución las partes de la flor la cual se realizó por medio de una hoja milimetrada.

3.6.5.5. Longitud del pistilo (mm).

Se evaluó la longitud del pistilo con la ayuda de una hoja milimetrada.

3.6.5.6. Peso de la flor (mg).

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

3.6.5.7. Inter-compatibilidad.

Se determinó la inter-compatibilidad y compatibilidad cruzada, mediante la polinización manual de 40 flores, se calculó el porcentaje de las flores mediante la suma de las flores que no se cayeron luego de ser polinizadas divididas para las flores consideradas en cada clon, multiplicado por 100.

3.6.5.8. Correlación de variables.

Se aplicó una matriz de correlación de Pearson con la finalidad de establecer el grado de relación existente entre las variables morfológicas de la flor con los índices de inter-compatibilidad.

3.7. Tratamiento de los datos.

En la (Tabla 5), se muestran los cruzamientos que fueron evaluados mediante un diseño completamente al azar (DCA) con 6 tratamientos y 10 repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por 10 flores, aquellas que se componen mediante un arreglo dialélico incompleto según la metodología propuesta por vallejo 2002 (33).

Tabla 5. *Diseño de cruzamiento dialélico incompleto de clones de cacao. Establecidos en la Finca Experimental “La Represa” y la Estación Experimental Tropical Pichilingue.*

♀ \ ♂	EETP-800	EETP-801	CCN-51	T 24	INIAP T 484	DICYT -C 114
EETP-800		X	X	X	X	X
EETP-801	X		X	X	X	X
CCN-51	X	X		X	X	X
T 24	X	X	X		X	X
INIAP T 484	X	X	X	X		X
DICYT -C 114	X	X	X	X	X	

Elaborado por: Autora.

Simbología:

X= Cruzamiento Directo.

X= Cruzamiento recíproco.

DICYT= Dirección e Investigación Científica y Tecnológica.

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Material genético.

Se evaluaron como material genético 6 clones de cacao el EETP-800, EETP-801, CCN-51, T24, INIAP T484. Pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue, seleccionados por productividad y el clon DICYT -C 114 seleccionado por resistencia al cambio climático, en donde Rosado LAB realizó un estudio en el 2017 sobre “Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) Como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico” en donde el genotipo DICYT -C 114 mostró el mejor desempeño para el ajuste osmótico ($\Delta\phi$), módulo de elasticidad (ϵ), nitrógeno foliar (N) y rendimiento, respecto a los demás clones estudiados pertenecientes a la UTEQ (46). En la (Tabla 6), se muestra la descripción de los tratamientos.

Tabla 6. Descripción de los tratamientos

Tratamiento Código	Variables productivas			
	Numero de mazorcas sanas	Redimiendo de cacao seco (kg ha ⁻¹)	Índice de semilla	Potencial hídrico foliar Época seca (Ψ_f)
EETP-800	38	2575.36	1.87	
EETP-801	39	2663.40	1.94	
CCN-51	29	2555.60	2.05	-0,63 Ψ_{fm} -1,28 Ψ_{ft}
T 24	38	1857.60	1.89	
INIAP T 484	41	3208.00	1.93	
DICYT -C 114	42	1820.00	1.85	-0,70 Ψ_{fm} -1,22 Ψ_{ft}

Simbología: (Ψ_{fm}) Potencial hídrico foliar en la mañana; (Ψ_{ft}) Potencial hídrico foliar en la tarde.

Elaborado por: Autora.

3.8.2. Materiales de campo.

- Tubos eppendorf de 1.5mL
- Pinza quirúrgica
- Etiquetas plásticas
- Algodón
- Tachuelas

3.8.3. Materiales de oficina.

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

3.8.4. Equipos.

- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Computadora

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables Relacionadas con la Morfología Floral.

Las variables que tienen relación con la morfología floral y que se registraron en la investigación fueron las siguientes:

4.1.1. Longitud del pedúnculo (mm).

En la (Tabla 7), se observan los promedios de la longitud del pedúnculo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza de esta variable fue significativa. El clon INIAP T 484 (T5) presentó el mayor promedio de longitud de pedúnculo con 20.60 mm a diferencia del clon DICYT -C 114 (T6) el cual obtuvo el menor promedio de longitud de 13.20 mm. Los promedios registrados por el (T5) fueron superiores a los reportados por Mendoza; 2015, (23) quien obtuvo longitudes de pedúnculo de 18.00 mm en el clon de cacao UICYT-C-001, esta investigación fue realizada en clones Nacional y Trinitarios. El coeficiente de variación de esta variable fue de 9.30%.

Tabla 7. Promedio de la longitud del pedúnculo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

Tratamientos	Clones	L. pedúnculo	
T5	INIAP T 484	20.60	a
T3	CCN-51	18.40	ab
T4	T 24	16.40	bc
T2	EETP-801	16.20	bc
T1	EETP-800	13.80	cd
T6	DICYT -C 114	13.20	d
$\bar{x}$		16.43	
C.V (%)		9.30	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.1.2. Longitud y ancho del sépalo (mm).

En la (Tabla 8), se observan los promedios de longitud y ancho de sépalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza de la variable longitud de sépalo fue significativa. El clon T 24 (T4) presento el mayor promedio con 8.80 mm, a diferencia del clon INIAP T 484 (T5) el cual obtuvo el menor promedio con 7.00 mm de longitud de sépalo. El promedio registrado por el (T4) fue similar al reportado por Segovia; 2017, (20) quien obtuvo longitudes de sépalo de 8.83 mm, el análisis de varianza realizado para la variable ancho de sépalo no fue significativa para ninguno de los clones en estudio, el promedio general fue de 2.08 mm. Este promedio fue inferior al obtenido por Segovia para la variable ancho de sépalo en donde el clon DICYT 41 obtuvo un promedio superior de 2.44 mm. Esta investigación fue realizada en clones trinitarios. El coeficiente de variación de esta variable fue de 8.11 y 6.15%.

Tabla 8. Promedio de la longitud y ancho del sépalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

Tratamientos	Clones	L. sépalo		A. sépalo	
T4	T 24	8.80	a	2.10	a
T3	CCN-51	8.20	ab	2.10	a
T6	DICYT -C 114	8.00	ab	2.10	a
T2	ETTP-801	7.60	ab	1.96	a
T1	ETTP-800	7.20	b	2.10	a
T5	INIAP T 484	7.00	b	2.10	a
$\bar{x}$		7.80		2.08	
C.V (%)		8.11		6.15	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.1.3. Longitud y ancho del pétalo (mm).

En la (Tabla 9), se observan los promedios de longitud y ancho de pétalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza realizado para la variable longitud de sépalo fue significativa. El clon CCN-51 (T3) presentó el mayor promedio con 6.60 mm y análisis de varianza realizado para la variable ancho de sépalo no fue significativa para ninguno de los clones en estudio el promedio general fue de 2.08 mm. Estos promedios fueron inferiores a los registrados por Veliz; 2015, (39) quien reportó longitudes de pétalos de 7.00 mm, en el T14 híbrido (LR20 x CCAT L49H98), y en la variable ancho de pétalo el T20 en el cruce de (LR17 x CCAT L26H64) obtuvo 2.30 mm. Esta investigación fue realizada en genotipos Trinitarios x Nacional. El coeficiente de variación de estas variables fue de 9.90 y 6.15%.

Tabla 9. Promedio de la longitud y ancho del pétalo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

Tratamientos	Clones	L. pétalo		A. pétalo	
T3	CCN-51	6.60	a	2.10	a
T5	INIAP T 484	6.00	a	2.10	a
T4	T 24	5.40	b	2.10	a
T2	ETTP-801	5.20	b	1.96	a
T1	ETTP-800	5.00	b	2.10	a
T6	DICYT -C 114	5.00	b	2.10	a
$\bar{x}$		5.53		2.08	
C.V (%)		9.90		6.15	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.1.4. Longitud del estaminoide (mm).

En la (Tabla 10), se observan los promedios de la longitud del estaminoide (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza de esta variable fue significativa. El clon CCN-51 (T3) presentó el mayor promedio de longitud de estaminoide con 6.20 mm. Este promedio fue igual al reportado por Meza; 2016, (38) quien registro un promedio de 6.20 mm de longitud del estaminoide. El coeficiente de variación de esta variable fue de 8.12%.

Tabla 10. Promedio de la longitud del estaminoide (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

Tratamientos	Clones	L. estaminoides	
T3	CCN-51	6.20	a
T6	DICYT -C 114	5.80	ab
T4	T 24	5.80	ab
T1	ETTP-800	5.80	ab
T2	ETTP-801	5.60	ab
T5	INIAP T 484	5.20	b
$\bar{x}$		5.73	
C.V (%)		8.12	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.1.5. Longitud del pistilo (mm).

En la (Tabla 11), se observan los promedios de la longitud del pistilo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza de esta variable fue significativa. Los clones T 24 (T4), DICYT -C 114 (T6) y CCN-51 (T3) presentaron los mayores promedios de longitud de pistilo con 5.20, 5.00 y 5.00 mm, respectivamente. Estos promedios fueron superiores a los reportados por Meza; 2016, (38) quien registro un promedio de 4.88 mm para la variable longitud de pistilo. El coeficiente de variación de esta variable fue de 8.42%.

Tabla 11. Promedio de la longitud del pistilo (mm) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

Tratamientos	Clones	L. pistilo	
T4	T 24	5.20	a
T6	DICYT -C 114	5.00	a
T3	CCN-51	5.00	a
T5	INIAP T 484	4.80	ab
T2	ETTP-801	4.20	b
T1	ETTP-800	3.40	c
$\bar{x}$		4.60	
C.V (%)		8.42	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.1.6. Peso de la flor (mg).

En la Tabla 12 se observan los promedios del peso de la flor (mg) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores. El análisis de varianza de esta variable fue significativa. El clon CCN-51 (T3) presentó el mayor promedio de peso de la flor con 0.08 mg. Este promedio fue superior a los reportados por Mindiola; 2017, (40) quien registró un peso de la flor de 0.06 mg, en el T13 (DIRCYT-H 284) y T20 (DIRCYT-H 291) en relación a los demás híbridos estudiados en su investigación. Los promedios registrados por el (T3) fueron superiores a los reportados por Laje; 2013 (41) quien obtuvo un peso de flor de 0.07 mg en el clon CCAT 29-04 el cual obtuvo el mayor peso en su investigación. El coeficiente de variación de esta variable fue de 7.30%.

Tabla 12. *Promedio del peso de la flor (mg) registrados en seis clones de cacao seleccionados como progenitores, pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.*

Tratamientos	Clones	Peso de la flor	
T3	CCN-51	0.08	a
T4	T 24	0.07	b
T5	INIAP T 484	0.07	b
T1	ETPP-800	0.06	b
T2	ETTP-801	0.06	b
T6	DICYT -C 114	0.05	c
$\bar{x}$		0.06	
C.V (%)		7.30	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.2. Índice de Inter-compatibilidad

4.2.1. Cruzamientos directos

En la (Tabla 13), se observan los promedios del índice de inter-compatibilidad (%) registrados en 15 cruzamientos directos en clones de cacao. El análisis de varianza de esta variable no fue significativa, solo existió diferencia numérica. Los cruces entre EETP 800 x EETP 801, EETP 801 x INIAP T 484, EETP 801 x T 24, EETP 801 x CCN-51 y CCN-51 x T24, presentaron los mayores promedios de índice de inter-compatibilidad en cruzamientos directos con 80%, 75%, 69%, 60% y 60% en su respectivo orden. Estos promedios fueron inferiores a los reportados por Ramírez; 2019, (42) quien obtuvo índices de intercompatibilidad $\geq 70\%$ reportando el 97%, 90%, 72% en el cruce de CCN-51 x ICS-1, CCN-51 x IMC-67, CCN-51 x Caucasia-39, esta investigación fue realizada en clones comerciales en Honduras. El coeficiente de variación de esta variable fue de 31.15%.

Tabla 13. Promedio de índices de inter-compatibilidad registrados en 15 cruzamientos directos del proyecto, en clones pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

♀	Cruces	♂	I.I.C	
EETP-800		EETP-801	80	a
EETP-800		CCN-51	55	a
EETP-800		T 24	46	a
EETP-800		INIAP T 484	55	a
EETP-800		DICYT -C 114	39	a
EETP-801		CCN-51	60	a
EETP-801		T 24	69	a
EETP-801		INIAP T 484	75	a
EETP-801		DICYT -C 114	38	a
CCN-51		T 24	60	a
CCN-51		INIAP T 484	53	a
CCN-51		DICYT -C 114	51	a
T 24		INIAP T 484	50	a
T 24		DICYT -C 114	21	a
INIAP T 484		DICYT -C 114	50	a
$\bar{x}$			54	
C.V (%)			31.15	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$)

4.2.2. Cruzamientos recíprocos

En la (Tabla 14), se observan los promedios del índice de inter-compatibilidad (%) en 15 cruzamientos recíprocos en clones de cacao. El análisis de varianza mostró significancia estadística. El cruzamiento de CCN-51 x EETP-800 presentó el mayor promedio de índice de inter-compatibilidad en cruzamientos recíprocos con el 100%. Este promedio fue superior a los reportados por Sánchez; 2019, (44) quien obtuvo porcentajes de 40%, de índice de inter-compatibilidad en el cruzamiento recíproco de CCN-51 x M-5 y CCN-51 x ICS 6, respectivamente, indicando que el CCN-51 es un clon inter-compatible. Estos valores también fueron superiores a los reportados por Aránzazu, Martínez y Rincón; 2008, (43) quienes obtuvieron porcentajes de inter-compatibilidad en cruces recíprocos $\geq 70\%$ en donde el clon CCN-51 actúa en calidad de madre en los siguientes cruzamientos: CCN-51 x ICS 39, CCN-51 x ICS60, CCN-51 x THS 565, CCN-51 x CAU 39, CCN-51 x CAU 43, CCN-

51 x MON 1, CCN-51 x FTA A, CCN-51 x FEAR 5. Esta investigación fue realizada en los clones más usados en Colombia. El coeficiente de variación de esta variable fue de 18.62%.

Tabla 14. Promedio de índices de inter-compatibilidad registrados en 15 cruzamientos recíprocos del proyecto en clones pertenecientes a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y la Finca Experimental “La Represa” UTEQ, época: lluviosa, 2019.

♀	Cruces	♂	I.I.C	
CCN51		ETTP-800	100	a
DICYT -C 114		ETTP-800	95	ab
INIAP T 484		ETTP-800	93	ab
INIAP T 484		ETTP-801	83	ab
ETTP-801		ETTP-800	82	ab
DICYT -C 114		CCN-51	77	ab
T 24		CCN-51	75	ab
DICYT -C 114		ETTP-801	68	ab
INIAP T 484		CCN-51	66	ab
DICYT -C 114		T 24	59	ab
INIAP T 484		T 24	58	ab
T 24		ETTP-800	50	ab
DICYT -C 114		INIAP T 484	48	ab
CCN 51		ETTP-801	44	ab
T 24		CCN-51	40	ab
$\bar{x}$			67	
C.V (%)			18.62	

Los promedios con las letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$).

4.3. Matriz de Correlación

Al aplicar la correlación de Pearson para las variables morfológicas de la flor: longitud del pedúnculo, longitud de sépalos, ancho de sépalos, longitud de pétalos, ancho de pétalos, longitud de estaminoide, longitud del pistilo y peso de flor, se demostró que no existe ninguna relación con la inter-compatibilidad desarrollada en la investigación de polinización cruzada.

Tabla 15. Matriz de correlación (P.FLOR: peso de la flor; L.PE: longitud del pedúnculo; L.SE: longitud de sépalos; ASE: ancho de sépalos; L.PET: longitud de pétalos; A.PET: ancho de pétalos; L.ESTA; longitud de estaminoide; L.PIS: longitud del pistilo; I.I.C: índice de inter-compatibilidad).

	P.FLOR	L. PE.	L.SEP.	A.SE.	L. PET.	A.PET.	L.ESTA.	L.PIS.	IIC
P.FLOR	1								
L. PE.	0,454	1							
L.SEP.	0,106	-0,019	1						
A.SE.	-0,009	0,092	-0,045	1					
L. PET.	0,578	0,653	0,273	0,373	1				
A.PET.	-0,009	0,092	-0,045	1,000	0,373	1			
L.ESTA.	0,073	-0,125	0,422	-0,097	0,193	-0,097	1		
L.PIS.	0,186	0,409	0,427	0,157	0,393	0,157	0,073	1	
IIC	0,010	0,088	-0,140	-0,079	0,165	-0,079	0,027	0,043	1
< 0.666 No significativo			> 0.666 Significativo *			> 0.798 Altamente significativo **			

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La caracterización de las estructuras florales que intervienen en la polinización, promovida esta principalmente dada por insectos que facilitan la fecundación, lo que a su vez nos permitió conocer la variabilidad existente respecto a estas estructuras en los seis clones en estudio, el clon INIAP T 484 obtuvo 20.60 mm de longitud de pedúnculo, el clon T24 presentó los mejores promedios respecto a la variable longitud de sépalo con 8.80 mm, ancho de sépalo con 2.10 mm, longitud del pistilo con 5.10 mm y el clon CCN-51 obtuvo los mayores promedios respecto a la variable longitud de pétalo con 6.60 mm y peso de flor con 0.08 mg.
- Se determinó que el clon que presentó el mayor índice de inter-compatibilidad fue el cruzamiento de EETP 800 x EETP 801 con un 80 (%) en cruces directos, mientras que para los cruces recíprocos destacó el cruce realizado en el clon CCN-51 x EETP 800 con un índice de inter-compatibilidad del 100 %, teniendo en cuenta que las estructuras florales son importantes en el momento de realizar la polinización. Todos los clones resultaron ser inter-compatibles, a excepción del cruce realizado entre el clon T24 x DICYT -C 114 que presentó el menor índice de inter-compatibilidad con un 21% estando por debajo del 30% que es el más estricto y utilizado por los genetistas. En los índices de inter-compatibilidad floral el clon DICYT -C 114 seleccionado por resistencia al cambio climático presentó compatibilidad cruzada con los demás clones seleccionados por productividad.
- Se estableció que las variables morfológicas de las flores de los clones: EETP-800, EETP-801, CCN-51, INIAP T 484 y T 24, seleccionados por productividad, y el clon DICYT -C 114, seleccionado por potencial hídrico no presentaron ninguna correlación significativa entre las estructuras florales de los clones con el índice de inter-compatibilidad, realizado en la polinización cruzada de esta investigación.

5.2. Recomendaciones.

- Incluir los clones que presenten las mejores características morfológicas florales para que sean utilizados de manera conveniente en programas de mejoramiento genético, seleccionándolos también por el índice de inter-compatibilidad que presenten.
- Realizar estudios que den seguimiento a los híbridos que se obtuvieron en esta investigación, con el fin de evaluar plantas que hayan adquirido el carácter de resistencia al cambio climático.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

1. Enriquez G. Curso sobre el cultivo de cacao Hetebrugge JR, editor. Puerto Rico: Litografía e imprenta LIL S.A; 1985.
2. Apolo DG. Cacao Fino y de Aroma del Ecuador “Cacao Arriba” Ecuador: Programa de Agronegocios y alimentos; 2011.
3. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC. Informativo. Ecuador: Publica, Estadísticas; 2018.
4. Nicolas Dostert JRACMILTyMW. Hoja botánica: Cacao. Primera ed. Lima - Perú: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.; 2011.
5. Chang JV, Verdezoto RC, Morán JM, Rengifo KN, Burgos RH, Barahona JV, et al. Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. Scielo. 2016 Dec; 34(6).
6. Anchundia DM, Cuñumai JS, Macías SM, Bayas A, Soler MH. Dimensión climática en el comercio justo para el cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.). Revista de Estudios Empresariales. 2018;(2): p. 86-102.
7. Hernandez FA, Guerrero Nm, Guarín DR, Calderon GP. Materiales de cacao en Colombia, su compatibilidad sexual y modelos de siembra Bucaramanga: FEDECACAO - CORPOICA; 2009.
8. Taiz L, Zeiger E. Fisiología vegetal I. PdluJ, editor. California : Box print digital, S.A; 2006.
9. Campos NH. Materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Boletín técnico. Costa Rica : MAG, Secretaría ejecutiva de planificación sectorial agropecuaria ; 2015.
10. Alvarado D, Pérez J, Velásquez G, Velásquez M. Manual de polinizaciones controladas en cacao Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2017.
11. Llor Solórzano RG, Rivadeneira Q, Carmelo G, Vera Q, Gonzalo J. Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios de cacao y café Publicación Miscelánea no. 433 Ecuador: Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional Cacao y Café; 2016.
12. Arrazate CHA, Fuentes JMV, Rojas EC, Méndez RAG, López AM, Medina JFA, et al. Diagnóstico del cacao en México. Primera ed. México: Universidad Autónoma Chapingo; 2011.
13. Estrada WJM, Castellano XGR, Peraza JAM. “Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas” El Salvador : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2011.

14. Batista L. El Cultivo de Cacao. Teófilo Suriel ed. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal I, editor. Santo Domingo, República Dominicana: Ingráfica C. por A.; 2009.
15. Rodriguez FRA. Evaluacion de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar nacional Riobamba, Ecuador: Escuela superior politecnica de Chimborazo; 2009.
16. Carrion LG. Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Asistencia tecnica. Peru: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Delegacion de la comision Europea del Peru; 2008.
17. Cruz CONDI. 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.
18. Chavez ES, Bustillos RC, Domian CA, Chaverri FQ, Morera NV. Reproducción sexual del Cacao Costa Rica: (CATIE), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2010.
19. Sevilla DFR. Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao* L Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2015.
20. Montesdeoca VdCS. Relación de la morfología floral con la compatibilidad genetica en 13 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.). Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
21. Sanchez MAA, Leon DG, Arce SM, Lopez TD, Rodriguez PM. Manual técnico del cultivo de cacao. Buenas practicas para América Latina Costa Rica: (IICA), Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura; 2017.
22. McGregor C. worldstandards "El mundo del chocolate". [Online].; 2003 [cited 2019 04 06. Available from: <https://www.worldstandards.eu/chocolate%20-%20cacao.html>.
23. Sánchez CMM. Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* l.) tipos nacional y Trinitario.: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
24. Garcés FF. Principales características del CCN-51. Informativo. Ecuador: El cacaotero; 2013.
25. Lainez A. Cacao CCN-51: Los orígenes del ‘milagro ecuatoriano’. Anecacao. 2018 Dec;(17): p. 16.
26. Campos NH. Algunos métodos de propagacion del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. Informativo. Costa Rica : Ministerio de Agricultura y Ganadería, Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria ; 2014.

27. Ledesma GML. Evaluación de la eficacia de tres tipos de injertos en cacao Nacional (*Theobroma cacao*), en patrones de tres edades, en la zona de Ventanas, Provincia de Los Rios. Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar; 2015.
28. Armijos JAC. Efecto de dos hormonas enraizantes sobre estacas de cacao (*Theobroma cacao* L) de la variedad CCN 51 en la zona de Matilde Esther, en la provincia del Guayas Cumanda: Universidad Tecnica de Ambato ; 2017.
29. Rojas F, Sánchez EJs. Guía ambiental para el cultivo de cacao. Segunda ed. Colombia: FEDECACAO; 2013.
30. González AAA. Caracterización de los saberes ancestrales agrícolas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). En el Cantón Cumandá. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2016.
31. Téllez EYD, Espino JWU. 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; 2015.
32. López M, Deras ECG. Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. El Salvador: Universidad del Salvador; 2017.
33. Cabrera FAV, Salazar EIE. Mejoramiento genético de plantas Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira; 2002.
34. Kearsey MJ, Poani HS. The genetical Analysis of Quantitative Traits. Londres: Chapman and Hall; 1996.
35. Gibbs PE. Do homomorphic and heteromorphic self-incompatibility systems have the same. In.: Plant Systematics and Evolution; 1986. p. 285-323.
36. Cope FW. Compatibilidad y fructificación en Cacao. In Octavo informe anual sobre la investigación de cacao para 1938 ICTA. Maryland; 1962. p. 17-20.
37. Cubero JJ, Flores F. Métodos estadísticos para el estudio de la estabilidad varietal en ensayos agrícolas. 2nd ed. Sevilla; 2002.
38. Martinez GAM. 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.: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo; 2016.
39. Apolo BMV. Auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.

40. Véliz KSM. Caracterización fenotípica en flores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
41. Pérez OOL. Evaluación de la autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en el litoral ecuatoriano. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013.
42. Argueta OAR. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales. Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Investigación; 2019.
43. Hernández FA, Guerrero NM, Guarín. DR. Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao Bucaramanga: Unión temporal de cacao Colombia uno; 2008.
44. Fernández WS. Estudio de la compatibilidad genética de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Jaén. Perú: Universidad Nacional de Jaén; 2019.
45. Departamento Agrometeorológico del INIAP. Información Agrometeorológica de la Finca Experimental "La María". Quevedo, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Estación Experimental Tropical Pichilingue; 2019.
46. Rosado LAB. "Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico" Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
47. Sevilla DFR. Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao* Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador ; 2015.
48. C RV, D. CA. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas. 2005;(43-44): p. 83.
49. Monserrate GRP. Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Pichilingue Quevedo Manabí: Universidad Técnica de Manabí; 2003.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la longitud del pedúnculo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	193.37	5	28.67	16.57	0.0001
Error	56.00	24	2.33		
Total	249.37	29			

Anexo 2. Análisis de varianza de longitud de sépalo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	11.20	5	2.24	5.60	0.0015
Error	9.60	24	0.40		
Total	20.80	29			

Anexo 3. Análisis de varianza del ancho de sépalo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	0.08	5	0.02	1.00	0.4389
Error	0.39	24	0.02	1.00	
Total	0.47	29			

Anexo 4. Análisis de varianza de la longitud del pétalo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	10.27	5	2.05	6.84	0.0004
Error	7.20	24	0.30		
Total	17.47	29			

Anexo 5. Análisis de varianza del ancho del pétalo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	0.08	5	0.02	1.00	0.4389
Error	0.39	24	0.02		
Total	0.47	29			

Anexo 6. Análisis de varianza de la longitud del estaminoide

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	2.67	5	0.53	2.46	0.0618
Error	5.20	24	0.22		
Total	7.87	29			

Anexo 7. Análisis de varianza del pistilo

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	11.60	5	2.32	15.47	0.0001
Error	3.60	24	0.15		
Total	15.20	29			

Anexo 8. Análisis de varianza del índice de intercompatibilidad en cruces directos.

F.V.	SC	Gl	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	0.62	14	0.04	1.72	0.1614
Error	0.35	14	0.03		
Total	0.96	28			

Anexo 9. Análisis de varianza del índice de inter-compatibilidad en cruces recíprocos.

F.V.	SC	GI	CM	F. cal.	p-valor
Tratamiento	0.94	15	0.06	4.00	0.0161
Error	0.16	10	0.02		
Total	1.10	25			

Anexo 10. Actividades desarrolladas en la investigación.



Fig. 9. Fertilización de los árboles de cacao en estudio.



Fig. 10. Toma de datos.



Fig. 11. Flores de cacao emasculadas.



Fig. 12. Polinización manual de cacao.



Fig. 13. Cruces realizados.



Fig. 14. Frutos a los 30 días.