



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

Proyecto de Investigación previo a la  
obtención del título de Ingeniería  
agropecuaria

**Título del Proyecto de Investigación:**

“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”

**Autor:**

MEZA MARTÍNEZ GALUD AMANDA

**Tutor del Proyecto de Investigación:**

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

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2016**



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.**

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

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

f. \_\_\_\_\_

**Meza Martínez Galud Amanda**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.**

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

**CERTIFICO:** Que la estudiante Galud Amanda Meza Martínez, realizó la investigación titulada: “**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**”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

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

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICACIÓN

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

El proyecto de investigación titulada “**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**”, realizado por la Srta. estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria MEZA MARTÍNEZ GALUD AMANDA, ha sido analizada mediante la herramienta URKUND y presentó resultados satisfactorios.

URKUND

Documento: [Proyecto Galud Meza \(2\).docx](#) (020580071)

Presentado: 2016-05-31 08:36 (-05:00)

Presentado por: rramos@uteq.edu.ec

Recibido: rramos.uteq@analysis.orkund.com

Mensaje: Analisis de Trabajo de Titulación [Mostrar el mensaje completo](#)

5% de esta aprox. 28 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

| Categoría            | Enlace/nombre de archivo                                                                             |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | <a href="#">Proyecto Galud Meza.docx</a>                                                             |
|                      | <a href="#">Compatibilidad genética de 64 clones elites de cacao (Theobroma cacao L.) tipos N...</a> |
| Fuentes alternativas |                                                                                                      |
|                      | <a href="#">PRODUCCIÓN DEL CLON DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51 ORGÁNICO A TRE...</a>           |
|                      | <a href="#">COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51 ANTE D...</a>             |
|                      | <a href="#">Tesis Final Ing. Agrop. Jorge Untuña.docx</a>                                            |
|                      | <a href="#">tesis Analisis URKUND.docx</a>                                                           |
|                      | <a href="#">PRODUCCIÓN DEL CLON DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51 ORGÁNICO A TRE...</a>           |
|                      | <a href="#">PRODUCCIÓN DEL CLON DE CACAO CCN-51 ORGÁNICO A TRE DISTANCIAMIENTO...</a>                |

0 Advertencias Reiniciar Exportar Compartir

Atte.

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

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**Proyecto de investigación:**

“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”

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

Aprobado por:

---

Ph D. Gregorio Vasconez  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. M.Sc. Diana Véliz  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. M.Sc. Gerardo Segovia  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2016

## **AGRADECIMIENTO**

He tenido el privilegio de contar en mi vida con la compañía de seres maravillosos como mis padres, hermanos, sobrinos, cuñados y compañeros, a quienes quiero dejar constancia de mi profundo agradecimiento por el apoyo incondicional, por ser parte fundamental en mi vida y fuente de inspiración para alcanzar un objetivo más en mi vida profesional.

Agradezco a las autoridades y docentes que formaron parte en mi formación académica, durante los años que pertenecí a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A mi director de tesis Ing. Agr. M.Sc. Rommel Ramos Remache, por guiarme, apoyarme y proveer los conocimientos necesarios para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

*Salud Amanda*

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis progenitores José Filiberto Meza Álvarez y Galud Amanda Martínez Magallanes, quienes me brindaron su apoyo, fortaleza en el desarrollo y transcurso de esta etapa de mi vida, ayudándome a concluir satisfactoriamente este proyecto. A mis hermanos María Dolores, Cesar José, José Filiberto, Johanna Elizabeth y Solanda Maribel, quienes me han dado la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada etapa en este camino difícil y arduo.

Sin dudas no voy a olvidarme de una persona muy especial, la cual conocerla fue la casualidad más bonita, pero también amerita dedicarte este logro.

*Galud Amanda*

## RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó durante los meses de septiembre del 2015 hasta marzo del año 2016, en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el Recinto Faita, Kilómetro 7.5 de la vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. El objetivo fue analizar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional: DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT-C-186 y DICYT-C-217 y dos Trinitarios: LR-35 y CCN-51. Se utilizó en la investigación un diseño de cruzamientos dialélicos parcial. Para lograr el objetivo planteado se evaluó la eficacia reproductiva: Auto compatibilidad, compatibilidad cruzada, índice de compatibilidad; la biología floral de los clones: longitud del pedúnculo, longitud del sépalo, ancho del sépalo, longitud del pétalo, ancho del pétalo, longitud del estaminoide, longitud de pistilo, peso de la flor y área floral de la planta. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el análisis de la varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Como resultados se obtuvo que el clon DICYT 186, presentó el mayor índice de auto-compatibilidad con 0.93, los índices de compatibilidad cruzada fueron superiores a 0.88, lo que indican autogamia. La caracterización de la estructura floral dedujo que el tamaño de sus órganos florales influye en la compatibilidad genética. El clon DICYT 217 registró el peso de la flor con 0.0749. Demostró un promedio semestral de 4825.80 flores/planta el clon LR-35.

**Palabras claves:** *T. cacao*, clones, reproducción sexual, estructura floral, compatibilidad.

## ABSTRACT

The research project was conducted during the months of September 2015 through March 2016, at the Experimental Farm "La Represa", owned by the State Technical University of Quevedo (UTEQ) located in the Campus Fajita, Kilometer 7.5 San Carlos pathway in Quevedo, province of Los Rios, Ecuador. The objective was to analyze the system of sexual reproduction and floral morphology of five clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) National Type: DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT -C-186 and DICYT-C-217 and two Trinidadians: LR-35 and CCN-51. Partial design diallel crosses was used in research. To achieve the stated objective reproductive efficiency was evaluated: auto compatibility, cross compatibility, compatibility index; the floral biology of clones: peduncle length, sepal length, sepal width, petal length, petal width, length estaminoide, pistil length, weight, and flower floral plant area. For statistical analysis of the data analysis of variance it was used and for means comparison Tukey test was used at 5% probability. As a result was obtained that the clone DICYT 186, had the highest rate of self-support 0.93, crossmatch rates were higher than 0.88, which indicate selfing. Characterization of floral structure deduced that the size of floral organs influences their genetic compatibility. DICYT 217 clone recorded the weight of the flower with 0.0749. He showed an average biannual of 4825.80 flowers / plant clone LR-35.

**Keywords:** *T. cacao* clones, sexual reproduction, floral structure, compatibility.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| PORTADA.....                                                    | i    |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....                | ii   |
| CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... | iii  |
| CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA URKUND.....           | iv   |
| CERTIFICACION DE APROBACION POR TRIBUNAL DE SUSTENTACION.....   | v    |
| AGRADECIMIENTO .....                                            | vi   |
| DEDICATORIA.....                                                | vii  |
| RESUMEN .....                                                   | viii |
| ABSTRACT .....                                                  | ix   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                                        | x    |
| ÍNDICE DE CUADROS .....                                         | xv   |
| ÍNDICE DE FIGURA.....                                           | xvi  |
| ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXOS .....                              | xvii |
| ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEXOS.....                               | xix  |
| CÓDIGO DUBLIN .....                                             | xx   |
| CAPÍTULO I .....                                                | 1    |
| CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....                      | 1    |
| Introducción. ....                                              | 2    |
| 1.1. Problema de la investigación. ....                         | 4    |
| 1.1.1. Planteamiento del problema.....                          | 4    |
| Diagnóstico. ....                                               | 4    |
| Pronóstico. ....                                                | 4    |
| 1.1.2. Formulación del problema. ....                           | 5    |
| 1.1.3. Sistematización del problema. ....                       | 5    |

|                                                  |                                         |    |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|----|
| 1.2.                                             | Objetivos.....                          | 5  |
| 1.2.1.                                           | Objetivo general. ....                  | 5  |
| 1.2.2.                                           | Objetivos específicos.....              | 6  |
| 1.3.                                             | Justificación. ....                     | 6  |
| CAPÍTULO II.....                                 |                                         | 7  |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN ..... |                                         | 7  |
| 2.1.                                             | Marco conceptual. ....                  | 8  |
| 2.1.1.                                           | Auto-compatibilidad.....                | 8  |
| 2.1.2.                                           | Inter-compatibilidad. ....              | 8  |
| 2.1.3.                                           | Auto-incompatibilidad.....              | 8  |
| 2.1.4.                                           | Inter-incompatibilidad. ....            | 9  |
| 2.1.5.                                           | Polinización.....                       | 9  |
| 2.1.6.                                           | Polinización efectiva. ....             | 10 |
| 2.1.7.                                           | Polinización controlada. ....           | 10 |
| 2.1.8.                                           | Cruzamientos dialélicos.....            | 10 |
| 2.1.9.                                           | Viabilidad polínica. ....               | 10 |
| 2.1.10.                                          | Polinización entomófila. ....           | 11 |
| 2.1.11.                                          | Habilidad combinatoria general. ....    | 11 |
| 2.1.12.                                          | Habilidad combinatoria específica. .... | 11 |
| 2.2.                                             | Marco referencial. ....                 | 11 |
| 2.2.1.                                           | Origen. ....                            | 11 |
| 2.2.2.                                           | Características del cacao.....          | 12 |
| 2.2.3.                                           | Ámbitos del cacao. ....                 | 13 |
| 2.2.4.                                           | Descripción botánica. ....              | 13 |
| 2.2.5.                                           | Inflorescencia. ....                    | 13 |

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.6. Partes de la flor. ....                                                                                                              | 14 |
| 2.2.6.1.La flor. ....                                                                                                                       | 15 |
| 2.2.6.2.Pedúnculo.....                                                                                                                      | 15 |
| 2.2.6.3.Los sépalos (cáliz). ....                                                                                                           | 15 |
| 2.2.6.4.Los pétalos (corola). ....                                                                                                          | 15 |
| 2.2.6.5.Los estambres (androceo). ....                                                                                                      | 16 |
| 2.2.6.6.Polen. ....                                                                                                                         | 16 |
| 2.2.6.7.El ovario.....                                                                                                                      | 16 |
| 2.2.6.9.El estilo. ....                                                                                                                     | 17 |
| 2.2.7. Cultivares de cacao.....                                                                                                             | 17 |
| 2.2.7.1.Trinitario. ....                                                                                                                    | 17 |
| 2.2.7.2.Nacional. ....                                                                                                                      | 17 |
| 2.2.8. Generación de clones.....                                                                                                            | 17 |
| 2.2.9. Caracterización genética de clones. ....                                                                                             | 18 |
| 2.2.10.Aspectos principales.....                                                                                                            | 19 |
| 2.2.11.Sistemas de reproducción de las plantas.....                                                                                         | 19 |
| 2.2.12.Bases de variación en la población. ....                                                                                             | 20 |
| 2.2.13.Determinación de la variabilidad en una población. ....                                                                              | 20 |
| 2.2.14.Sistemas de Incompatibilidad. ....                                                                                                   | 21 |
| 2.2.15.Proyectos de investigación relacionados con el sistema de reproducción sexual y morfología floral de clones de <i>T. cacao</i> ..... | 21 |
| CAPÍTULO III .....                                                                                                                          | 28 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                                                                       | 28 |
| 3.1. Localización.....                                                                                                                      | 29 |
| 3.2. Tipo de investigación. ....                                                                                                            | 29 |

|         |                                                                              |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.    | Material genético.....                                                       | 30 |
| 3.4.    | Materiales de campo.....                                                     | 30 |
| 3.5.    | Materiales de oficina. ....                                                  | 30 |
| 3.6.    | Equipos. ....                                                                | 30 |
| 3.7.    | Diseño experimental.....                                                     | 31 |
| 3.8.    | Fuente de los clones. ....                                                   | 31 |
| 3.9.    | Análisis de datos. ....                                                      | 32 |
| 3.10.   | Variables en estudio. ....                                                   | 32 |
| 3.11.   | Mediciones de las variables. ....                                            | 33 |
| 3.11.1. | Auto-compatibilidad, compatibilidad cruzada e índice de compatibilidad. .... | 33 |
| 3.11.2. | Longitud del pedúnculo. ....                                                 | 33 |
| 3.11.3. | Longitud y ancho del sépalo (mm).....                                        | 33 |
| 3.11.4. | Longitud y ancho del pétalo (mm). ....                                       | 33 |
| 3.11.5. | Longitud del estaminoide (mm). ....                                          | 33 |
| 3.11.6. | Longitud de pistilo (mm). ....                                               | 34 |
| 3.11.7. | Peso de la Flor (gramos). ....                                               | 34 |
| 3.11.8. | Área floral de la planta (cm <sup>2</sup> ). ....                            | 34 |
| 3.12.   | Manejo del experimento. ....                                                 | 34 |
| 3.12.1. | Identificación de los clones.....                                            | 34 |
| 3.12.2. | Poda. ....                                                                   | 34 |
| 3.12.3. | Control de malezas. ....                                                     | 35 |
| 3.12.4. | Riego.....                                                                   | 35 |
| 3.12.5. | Fertilización. ....                                                          | 35 |
| 3.12.6. | Inducción de floración.....                                                  | 35 |
| 3.12.7. | Técnicas de auto polinización y polinización cruzada. ....                   | 35 |

|                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.12.8.Marcación de área floral. ....                                                                                                                                                                                               | 36 |
| CAPÍTULO IV .....                                                                                                                                                                                                                   | 37 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                                                                                                                                                        | 37 |
| 4.1. Resultados y discusión con relación a la compatibilidad genética y estructura floral, registrados en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”. .... | 38 |
| 4.2. Variables de compatibilidad genética. ....                                                                                                                                                                                     | 39 |
| 4.3. Variables de estructura floral. ....                                                                                                                                                                                           | 43 |
| 4.4. Variable del peso de la flor. ....                                                                                                                                                                                             | 47 |
| 4.5. Variables del área floral. ....                                                                                                                                                                                                | 48 |
| CAPÍTULO V.....                                                                                                                                                                                                                     | 50 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                                                                                | 50 |
| 5.1. Conclusiones. ....                                                                                                                                                                                                             | 51 |
| 5.2. Recomendaciones.....                                                                                                                                                                                                           | 52 |
| CAPÍTULO VI .....                                                                                                                                                                                                                   | 53 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                                                                                                                                  | 53 |
| CAPÍTULO VII .....                                                                                                                                                                                                                  | 62 |
| ANEXOS.....                                                                                                                                                                                                                         | 62 |
| 6.1. Anexos.....                                                                                                                                                                                                                    | 63 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro |                                                                                                                                                                                                                              | Página |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1      | Clasificación taxonómica.....                                                                                                                                                                                                | 12     |
| 2      | Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa”.                                                                                                                                                        | 28     |
| 3      | Diseño de cruzamiento dialélico incompleto de clones élitos de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa”.....                                                                                                 | 30     |
| 4      | Cuadrados medios y significancia estadística de las variables en estudio en el sistema de producción sexual y morfología floral en el cultivo de <i>T. cacao</i> , en la Finca Experimental “La Represa”.....                | 37     |
| 5      | Promedios estadísticos de la variable Auto compatibilidad, en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.....                                  | 39     |
| 6      | Promedios estadísticos de la compatibilidad genética en cruzamientos dialélicos incompletos en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”..... | 40     |
| 7      | Promedios estadísticos del índice de compatibilidad genética en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.....                                     | 41     |
| 8      | Promedios estadísticos de la estructura floral en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.....                                              | 45     |
| 9      | Promedios estadísticos del peso de la flor en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.....                                                  | 46     |
| 10     | Promedios estadísticos del área floral en cinco clones de <i>T. cacao</i> tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.....                                                      | 48     |

## ÍNDICE DE FIGURA

| Figuras |                        | Página |
|---------|------------------------|--------|
| 1       | Partes de la flor..... | 14     |

## ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXOS

| Cuadro | Página                                                                                                                                                                           |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Análisis de varianza de la variable: auto compatibilidad en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 62     |
| 2      | Análisis de varianza de la variable: compatibilidad cruzada en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 62  |
| 3      | Análisis de varianza de la variable: longitud del pedúnculo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 62  |
| 4      | Análisis de varianza de la variable: longitud del sépalo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 62     |
| 5      | Análisis de varianza de la variable: ancho de sépalo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 63         |
| 6      | Análisis de varianza de la variable: longitud de pétalo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 63      |
| 7      | Análisis de varianza de la variable: ancho de pétalo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 63         |
| 8      | Análisis de varianza de la variable: longitud de estaminoide en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 63 |
| 9      | Análisis de varianza de la variable: longitud de pistilo en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... 64     |
| 10     | Análisis de varianza de la variable: peso de la flor en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental ..... 64                      |

|    |                                                                                                                                                                              |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11 | Análisis de varianza de la variable: flores/cm <sup>2</sup> en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” ..... | 64 |
| 12 | Análisis de varianza de la variable: flores/planta en cinco clones de <i>T. cacao</i> , Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA” .....          | 64 |
| 13 | Matriz del Marco Lógico .....                                                                                                                                                | 65 |
| 14 | Cronograma de actividades del proyecto de investigación .....                                                                                                                | 67 |
| 15 | Presupuesto estimado para seis meses de duración de la investigación...                                                                                                      | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEXOS

| <b>Figura</b> |                                                                                                                                          | <b>Página</b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1             | Recuperación de clones con labores fitosanitarias, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                           | 69            |
| 2             | Selección de cojinetes, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                                                      | 69            |
| 3             | Tapado de flores de cacao, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                                                   | 70            |
| 4             | Polinización manual o controlada en flores de cacao con polinización manual, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015..... | 70            |
| 5             | Tapado de flores después de la polinización manual, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                          | 71            |
| 6             | Confirmación de fecundación de flores, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                                       | 71            |
| 7             | Conteo de flores previo a la marcación de la superficie del tallo, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....           | 72            |
| 8             | Mediciones de los árboles de cacao, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                                          | 72            |
| 9             | Pesado de las flores de cacao en el laboratorio de bromatología, en la Finca “La María” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....               | 73            |
| 10            | Mediciones de las diferentes partes de la flor, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.....                              | 73            |

## CÓDIGO DUBLIN

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |                     |                   |                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|-------------------|----------------|
| <b>Título:</b>               | “Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental La Represa”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                     |                   |                |
| <b>Autor:</b>                | Meza Martínez Galud Amanda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                     |                   |                |
| <b>Palabras clave:</b>       | <i>T. cacao</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | clones | reproducción sexual | estructura floral | compatibilidad |
| <b>Fecha de publicación:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |                     |                   |                |
| <b>Editorial:</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |                     |                   |                |
| <b>Resumen:</b>              | <p>Resumen.- El proyecto de investigación se realizó durante los meses de septiembre del 2015 hasta marzo del año 2016, en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el Recinto Faita, Kilómetro 7.5 de la vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. El objetivo fue analizar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Tipo Nacional: DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT-C-186 y DICYT-C-217 y dos Trinitarios: LR-35 y CCN-51. Se utilizó en la investigación un diseño de cruzamientos dialélicos parcial. Para lograr el objetivo planteado se evaluó la eficacia reproductiva: Auto compatibilidad, compatibilidad cruzada, índice de compatibilidad; la biología floral de los clones: longitud del pedúnculo, longitud del sépalo, ancho del sépalo, longitud del pétalo, ancho del pétalo, longitud del estaminoide, longitud de pistilo, peso de la flor y área floral de la planta. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el análisis de la varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Como resultados se obtuvo que el clon DICYT 186, presentó el mayor índice de auto-compatibilidad con 0.93, los índices de compatibilidad cruzada fueron superiores a 0.88, lo que indican autogamia. La caracterización de la estructura floral dedujo que el tamaño de sus órganos florales influye en la</p> |        |                     |                   |                |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <p>compatibilidad genética. El clon DICYT 217 registró el peso de la flor con 0.0749. Demostró un promedio semestral de 4825.80 flores/planta el clon LR-35.</p> <p><b>Abstract.-</b> The research project was conducted during the months of September 2015 through March 2016, at the Experimental Farm "La Represa", owned by the State Technical University of Quevedo (UTEQ) located in the Campus Fajta, Kilometer 7.5 San Carlos pathway in Quevedo, province of Los Rios, Ecuador. The objective was to analyze the system of sexual reproduction and floral morphology of five clones of cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) National Type: DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT -C-186 and DICYT-C-217 and two Trinidadians: LR-35 and CCN-51. Partial design diallel crosses was used in research. To achieve the stated objective reproductive efficiency was evaluated: auto compatibility, cross compatibility, compatibility index; the floral biology of clones: peduncle length, sepal length, sepal width, petal length, petal width, length estaminoide, pistil length, weight, and flower floral plant area. For statistical analysis of the data analysis of variance it was used and for means comparison Tukey test was used at 5% probability. As a result was obtained that the clone DICYT 186, had the highest rate of self-support 0.93, crossmatch rates were higher than 0.88, which indicate selfing. Characterization of floral structure deduced that the size of floral organs influences their genetic compatibility. DICYT 217 clone recorded the weight of the flower with 0.0749. He showed an average biannual of 4825.80 flowers / plant clone LR-35.</p> |
| <b>Descripción:</b> | 96 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>URI:</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **Introducción.**

La producción mundial de cacao es de 3.905.000 t, el Ecuador representa únicamente el 5% de dicha producción (1), es el productor por excelencia por sus condiciones geográficas y su riqueza. Al concluir el 2015, las exportaciones ecuatorianas alcanzaron un total de 235 mil t, se estima que un 80% es cacao fino de aroma mientras que el restante 20% pertenece a otras variedades como el CCN51. Se posiciona como el país más competitivo de América Latina en este campo, seguido de lejos por Venezuela, Panamá y México, que son países que poco a poco han incrementado su participación en el mercado mundial del cacao fino en grano (2).

El comercio internacional de cacao indica que la producción doméstica no abastece la demanda local y que existe una oportunidad de mercado para este rubro a nivel nacional para las familias cacaocultoras. El cultivo de cacao beneficia grandemente la flora y la fauna en el país a través de la asociación con los cultivos maderables, frutales y otros que a la vez ayudan a la lucha contra el calentamiento global (3).

El cacao es el producto de exportación más antiguo del país, desde la época colonial, y se ha continuado vendiendo al exterior durante la exportación bananera y el boom petrolero. La producción del cacao en Ecuador representa uno de los principales rubros dentro del sector agropecuario, siendo una importante fuente de ingresos para el país. Las provincias productoras de cacao son Los Ríos, con el 35%, Guayas con el 25%, Manabí con el 14%, Esmeraldas con el 8%, El Oro con el 5%, Bolívar y Cotopaxi con el 3% y Pichincha con el 4% de la superficie productiva (4).

En este cultivo la arquitectura de las estructuras florales dificulta la llegada de polen al estigma de la flor, debido al polen que es pegajoso y no se mueve fácilmente con el viento o la lluvia, deduciendo que la polinización es básicamente entomófila (5). La polinización es la transferencia de polen (célula masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación, y por lo tanto la producción

de frutos y semillas. Aunque la polinización puede ser llevada a cabo tanto por vectores bióticos (animales) como abióticos (agua o viento) (6).

La compatibilidad es el efecto para producir gametos funcionales que constituye un parámetro que depende de la genética, que permite establecer plantaciones comerciales y enfocar los trabajos en los programas de mejoramiento genético, debido a que el rendimiento y la productividad dependen en muchos de los casos de autopolinización y polinización cruzada. Al ser auto-compatibles benefician la cruce entre ellos, si la mayoría de las selecciones en los materiales poseen esta característica, permiten que la descendencia se pueda cruzar libremente entre ellos. Es interesante apreciar características de autoincompatibilidad de clones de alto rendimiento y resistencia a enfermedades, poseen generalmente poseen características de auto-incompatibilidad y eso pueden llegar a afectar plantaciones que no tengan una diversidad genética dentro de ellas (7). Consideran que el rendimiento debe de ser superior o igual a un 30%, si al menos un 2% de sus flores logran su rendimiento, es un material es auto-compatible según López en 1995, sin embargo Barthley en 1970 habla de un 5% de rendimiento (8).

## **1.1. Problema de la investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

En la inmensa cantidad de flores producidas por el cacao, existe una desproporción marcadamente desfavorable con respecto a la cantidad de frutos obtenidos, lo que a su vez influye en el rendimiento, ello se debe no solo al fenómeno de incompatibilidad sino a factores externos e internos de la planta (9).

La polinización es un método de fecundación artificial que se viene practicando desde hace varios años, en especial para la propagación de semilla, es aplicado para obtener plantaciones comerciales, generando una producción adicional a lo que se obtiene a través de la polinización de los agentes naturales; el método artificial permite aumentar el rendimiento de manera considerable en el cultivo del cacao (9).

### **Diagnóstico.**

La planta de *T. cacao* se conoce como una especie cauliflora, las causas de la baja productividad en los cacaotales, se debe a la falta de agentes polinizadores y la autoincompatibilidad de algunos árboles, debido que la polinización natural no es eficiente, por la falta de labores culturales de mantenimiento, variabilidad genética entre árboles, reduciendo la producción de los frutos.

### **Pronóstico.**

Previamente expuestos los factores indicados en el sistema de reproducción sexual y morfología floral de *T. cacao* tipo Nacional y Trinitario, se implanta el siguiente pronóstico:

Que al menos uno de los clones DICYT de ascendencia Nacional presentara los mayores porcentajes de auto compatibilidad y compatibilidad cruzada con un sistema de producción heteromórfico o homomórfico.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

Al realizar el diagnóstico se aprovecha en identificar los factores genéticos que influyen negativamente en la polinización de cacao. En consecuencia la polinización manual puede dar respuesta al problema previamente expuesto. Se plantea como pregunta general del proyecto lo siguiente:

¿Cómo influyen los factores genéticos en la polinización efectiva de clones de cacao?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

El presente proyecto lleva a plantear las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Cuál es el índice de auto compatibilidad y compatibilidad cruzada en los clones de cacao?
- ✓ ¿Cómo es posible caracterizar la estructura floral de los clones de cacao?
- ✓ ¿Es posible cuantificar la cantidad de flores emitidas por planta?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- ✓ Analizar el 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”.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Determinar el índice de auto compatibilidad y compatibilidad cruzada en clones de *T. cacao*.
- ✓ Caracterizar la estructura floral de los clones de *T. cacao*.
- ✓ Cuantificar la cantidad de flores emitidas por planta.

### **1.3. Justificación.**

La presente investigación pretende determinar que el sistema de reproducción sexual y morfología floral de clones *T. cacao* tipo nacional y trinitario. Tiene gran importancia en la producción agrícola por ser un producto muy cotizado en los mercados nacionales e internacionales, es uno de los cultivos alimenticios que desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance más lento, quizás unas de las razones se debe a su carácter altamente minifundista y las características de incompatibilidad genética, se ha reconocido la necesidad de mantener su oferta, por lo que es necesario priorizar la conservación, mejoramiento y multiplicación. El *T. cacao* se enfrenta a limitantes que se muestran en bajo rendimiento y calidad. El futuro de una plantación está asegurado con la auto-compatibilidad, que pueden ser bien formadas, con material genético uniforme y con alta producción, varía la apariencia de una planta en consecuencia a la producción, clima, suelo, agua, enfermedades, plagas, pues su comportamiento depende de la interacción genotipo – ambiente. Se busca la manera más adecuada para la producción masiva de *T. cacao*, para mejorar, aumentar la producción y la calidad final del producto.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual.**

### **2.1.1. Auto-compatibilidad.**

Es cuando las flores de un árbol de cacao pueden fecundarse a sí mismas o a otras flores del mismo árbol (10), el sistema de compatibilidad constituye para el cacao en condiciones naturales un medio para la variabilidad de la especie, una medida de la tendencia de los genotipos de una población a diferenciarse, los individuos de una misma especie no son idénticos, si bien, son reconocibles como pertenecientes a la misma especie, existen muchas diferencias en su forma, función y comportamiento, lo que resulta favorable cuando se requiere la adaptación rápida de las poblaciones (11), las flores auto compatibles producen frutos cuando la fusión es de 100% o una cifra cercana (12).

### **2.1.2. Inter-compatibilidad.**

Se dice que es un cruce compatible, generalmente cuando las flores de una planta auto incompatible son fecundadas con polen de otra planta (13), indica la capacidad del tubo polínico para penetrar el estigma y recorrer el estilo para alcanzar el ovario y realizar la fecundación (12), gran número de árboles de cacao resultan estériles cuando son polinizados con su propio polen y en cambio fértiles al ser polinizados por polen de otros árboles (14).

### **2.1.3. Auto-incompatibilidad.**

Es cuando las flores de un árbol no pueden fecundarse a sí mismas o a flores del mismo árbol (10). La auto incompatibilidad se manifiesta cuando el tubo polínico se ha desarrollado y no hay fusión de los núcleos masculinos y femeninos (incompatibilidad gametofítica) o por falta de desarrollo del tubo polínico (incompatibilidad esporofítica) (8).

#### **2.1.4. Inter-incompatibilidad.**

Es cuando el polen de las flores de un árbol de cacao no puede fecundar a las flores de otro árbol (10), puede ser definida como la incapacidad fisiológica y morfológica de las plantas, con polen u óvulos normales, para producir semillas después de ocurrida la polinización (8), la reacción parece ser un proceso bioquímico, bajo un control genético sencillo, donde el proceso puede operar en cualquier estado entre la polinización y la fertilización (15).

#### **2.1.5. Polinización.**

La polinización de la siguiente manera: “es la transferencia de polen viable desde las anteras (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino) de la misma flor o de una flor diferente. Después de la polinización viene la fertilización, mediante la cual el grano de polen germina en el estigma y establece contacto con el óvulo (16).

El mecanismo de polinización del cacao presenta caracteres de mucho interés. La estructura de la flor no facilita la polinización por ninguno de los medios comunes, más bien la obstaculiza. Muchos de los ovarios fecundados caen por diversas causas, sólo muy pocos llegan a la maduración, pierden estambres, pétalos y sépalos las flores fecundadas, el ovario inicia su crecimiento (16).

El polen de estas flores permanece viable durante tres días. Las flores están receptivas durante las primeras horas de la mañana y estas comienzan a abrirse gradualmente por la tarde continuando por la noche hasta quedar completamente abierta justo antes del amanecer. Sin embargo una porción muy grande de estas flores no son polinizadas (17).

El cacao produce una gran cantidad de flores, de las que sólo un 0.5 - 5% son polinizadas y producen frutos (18). Casi el 60% de las flores cae después de 48 h sin ser fertilizadas (19). Después de una polinización exitosa, la fructificación se inicia dentro de 36 h, y después de 72 h los ovarios ya están hinchados (19). La duración del desarrollo del fruto es 150 - 180 días hasta que está totalmente maduro y depende principalmente del cultivar y la procedencia (20).

### **2.1.6. Polinización efectiva.**

La polinización es realizada básicamente por insectos (entomófila), por el viento (anemófila), por el agua (hidrófila). En el cultivo de cacao, la polinización es el proceso de la disposición de polen desde el estambre hasta el estilo. Hace casi imposible la transferencia del polen de la antera al estigma, esto se debe principalmente a las características morfológicas de la flor (21).

### **2.1.7. Polinización controlada.**

El objetivo de la polinización controlada es obtener progenies que combinen características deseables de los progenitores. Las especies están formadas por plantas que en forma natural se autopolinizan, Cuando se hace mejoramiento genético en esta especie es necesario efectuar cruzamiento artificial controlado (22).

### **2.1.8. Cruzamientos dialélicos.**

Se define como un grupo “n” de líneas progenitoras, variedades o clones, se realizan todas las combinaciones posibles que pueden obtenerse entre ellas (23).

### **2.1.9. Viabilidad polínica.**

Está determinado el éxito de las hibridaciones, por la funcionalidad de los órganos reproductivos tanto femenino (óvulo) como masculino (grano de polen). Las hibridaciones constituyen una vía para la generación de la variabilidad (24).

Es importante que haya éxito en las hibridaciones, asegurando que el estigma este receptivo y el grano de polen este viable. Los mejoradores controlan y generan caracteres deseables utilizando las hibridaciones artificiales en un genotipo seleccionado (24).

### **2.1.10. Polinización entomófila.**

Asegurando la fertilización, producción de frutos y semillas, surgen con ellas las plantas con flor sobre la tierra los agentes polinizadores que acarrean el polen de una flor a otra (23), acerca del 90% se estima que las plantas con flor son polinizadas por animales (25), tiene como consecuencia la generación de variabilidad genética, la polinización cruzada entre organismos de la misma especie (26). Son fecundadas por insectos polinizadores que se encuentran en el cacaotal, solo el 0.1 al 0.3% (27).

### **2.1.11. Habilidad combinatoria general.**

El comportamiento promedio de un progenitor en combinaciones híbridas diferentes, se denomina habilidad combinatoria general (ACG) (23).

### **2.1.12. Habilidad combinatoria específica.**

Es el comportamiento de un progenitor en ciertas combinaciones, se denomina habilidad combinatoria específica (ACE), el comportamiento promedio de los padres involucrados reflejan ser mejores o peores de acuerdo a lo que podría esperarse sobre (23).

## **2.2. Marco referencial.**

### **2.2.1. Origen.**

El cacao *T. cacao*, pertenece a la familia *Sterculiaceae*, es una planta que crece en una franja geográfica fundamentalmente tropical y se extiende 20° de latitud hacia ambos hemisferios (28). En el mundo se reconocen tres tipos de cacao, con base en la diversidad morfológica observada en Centro y Sudamérica. Se ha propuesto la evolución de dos grupos morfo-geográficos reconocidos como subespecies: *T. cacao* ssp. (Criollo) y *T. cacao* ssp. *Sphaerocarpum*

(Forastero), un tercer grupo originado de cruas naturales del Criollo y Forastero es llamado Trinitario (29).

Fue domesticado por los Mayas y su fruto simbolizó riqueza, poder y origen divino (30). El cacao se utiliza principalmente para la producción de chocolate (31). Es producido principalmente por África Occidental, Centro, Sur América y Asia. Los países con mayor producción son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador y Malasia, los cuales representan alrededor del 90% de la producción mundial. Por otro lado países con mayores consumidores del cacao, son Estados Unidos, Alemania, Francia Inglaterra, Federación Rusia y Japón (32).

### 2.2.2. Características del cacao.

Carlos Linneo fue quien clasificó la planta (33). Las semillas que contienen una cantidad significativa polifenoles (alrededor del 10% del peso del grano seco) y de grasas (40-50%), nativo regiones tropicales de América el *T. cacao*, es un árbol de 4-8 m de alto, (34).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del cacao.

|            |                  |
|------------|------------------|
| Reino      | Plantae          |
| Subreino   | Tracheobionta    |
| División   | Magnoliophyta    |
| Clase      | Magnoliopsida    |
| Subclase   | Dilleniidae      |
| Orden      | Malvales         |
| Familia    | Sterculiaceae    |
| Subfamilia | Byttnerioideae   |
| Género     | <i>Theobroma</i> |
| Especie    | <i>cacao</i> L.  |

**Fuente:** (31).

### **2.2.3. Ámbitos del cacao.**

El cacao fue considerado como un fruto de gran valía en diferentes ámbitos políticos, económicos, sociales y religiosos en la antigua Mesoamérica. Al igual que otras semillas de gran estima para el universo indígena, ha sido objeto de múltiples comentarios y estudios desde diversos ángulos: desde los ofrecidos por los primeros cronistas, frailes y conquistadores, hasta los juicios de europeos que si bien nunca pisaron el suelo americano, se deleitaron con el sabor del chocolate o lo calificaron como un alimento dañino. En los últimos años varios autores han investigado al cacao desde múltiples perspectivas, ya sea epigráfica, lingüística, iconográfica, biológica, etnográfica, por citar algunas, produciendo una literatura muy amplia (35).

Las ventajas comparativas de la producción de cacao; fenómeno acentuado desde que se desarrolló la industria del petróleo, ha sido efectiva en potenciar y explotar la política cacaotera, desde la época colonial (36).

### **2.2.4. Descripción botánica.**

Por lo general, el cacao tiene su primera horqueta cuando alcanza 1 ½ m de altura; en este punto, se desarrolla de 3-6 ramas principales a un mismo nivel, estas ramas forman el piso principal del árbol y se distinguen de los demás por ser la parte más productiva de la planta (37).

Las características anatómicas de óvulos y semillas de los géneros de la familia Sterculiaceae se han estudiado poco (38). Se ilustran mediante dibujos el desarrollo del fruto y de la testa de *T. cacao*, pero no especifican el genotipo usado; sus observaciones las hicieron en cortes a mano de material preservado en agua y glicerina, no presentan resultados de óvulo y saco embrionario, ni del desarrollo embrionario (39).

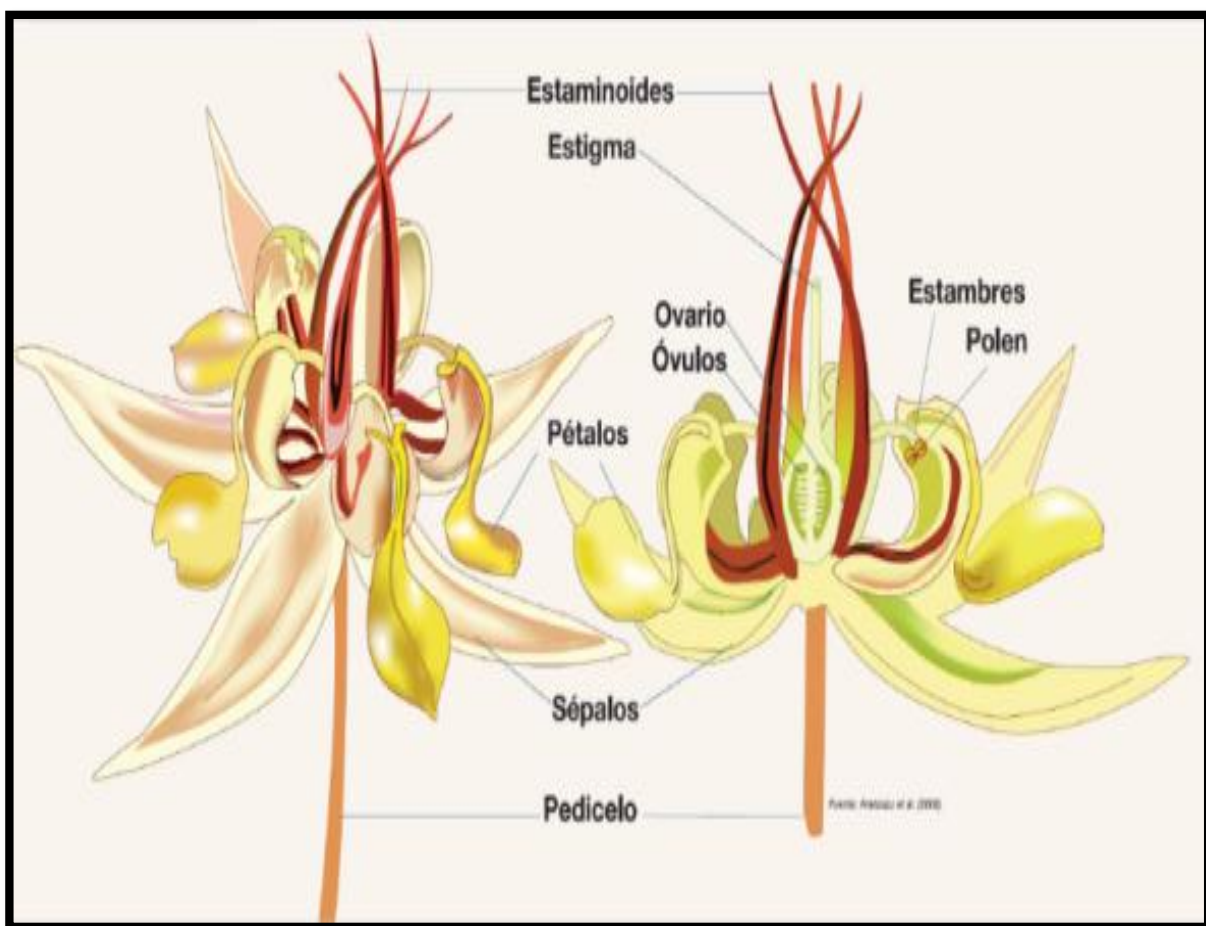
### **2.2.5. Inflorescencia.**

Desde el punto de vista botánico, la inflorescencia del cacao es una cima decasiforme, la cual se forma directamente en la madera más vieja del tronco y de las ramas adultas del árbol y, de

manera muy específica, en la base de una hoja, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que queda al caer la hoja. La inflorescencia, en su proceso de formación y crecimiento, se transforma en una masa densa que conforme se desarrolla forma un cojín. Existe una marcada diferencia en el número de flores presentes en diferentes cojines de diferentes árboles, lo cual obedece a caracteres genéticos (40). Untuña en el 2014, registró dos picos de menor intensidad en junio, septiembre y octubre y un período de floración intenso que va de diciembre a marzo, en clones e híbridos de cacao (41).

### 2.2.6. Partes de la flor.

Las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios son de color rosado o blanco. La inflorescencia o cojines aparecen en el tronco y ramas principales, fenómeno denominado cauliflora. La flor individual del cacao es hermafrodita por tener los dos sexos o completa, tal como se observa en la figura 1 (5).



**Figura 1.** Partes de la flor de cacao (5).

#### **2.2.6.1. La flor.**

Es pentámera, cinco sépalos, cinco pétalos, diez estambres, un ovario súpero (fórmula floral es  $S_5, P_5, E_5 + 5, G_5$ ), está sostenida por el pedicelo de 1 a 3 cm de longitud, de diámetro variable (0.5 a 1 cm) (21).

#### **2.2.6.2. Pedúnculo.**

En el transcurso del tiempo el fruto del cacao se convierte en una drupa bastante grande con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, se origina del crecimiento del pedicelo de la flor, la cual lo sostiene un pedúnculo no muy largo pero robusto (42).

#### **2.2.6.3. Los sépalos (cáliz).**

Los sépalos están soldados por la base, pueden ser de coloración verde muy pálido y pueden presentar o no, una coloración rojiza (43). En las mediciones encontramos los sépalos unidos en la base, ovadolanceolados, agudos en el ápice y membranosos, por lo que había que tener cuidado en la manipulación (44).

#### **2.2.6.4. Los pétalos (corola).**

Muestran una forma característica, angostos en la base y luego se agrandan, presenta en forma alterna con los sépalos (43), su abertura está orientada hacia el eje de la flor, se hacen sinuosos para formar un pequeño capuchón de color translucido, blanco o teñidos de rosa (cogulla). Protegen a los estambres donde se encuentra el polen, en una lígula que enlaza con el limbo del pétalo (8).

#### **2.2.6.5. Los estambres (androceo).**

Se encuentra conformada por dos verticilos, con cinco estambres estériles y con cinco estambres fértiles que alternan (estaminodios), el androceo es la parte masculina de la flor (45).

Los estaminodios protegen la parte femenina de la flor y son de color violáceo, se levantan erguidos rodeando el estilo, atraen a la mosquita polinizadora, cada estambre esta coronado con cuatro sacos polínicos, directamente hacia los pétalos en tal forma que sus anteras descansan en las cogullas de cada pétalo, los estambres son de color blanco y están recurvados hacia el exterior (43).

#### **2.2.6.6. Polen.**

En conservaciones artificiales el grano de polen ha durado hasta 300 días, son muy pequeños (16 a 23  $\mu$ ) y esferoidales. Contiene cientos de granos, estos granos son transportados por un número reducido de insectos, en general sale del saco en forma de gránulos y el grano del polen es pegajoso (23).

#### **2.2.6.7. El ovario.**

El ovario contiene de 35 – 50 óvulos, conformado por cinco cavidades y es súpero. Parte de la estructura femenina que da origen al fruto (21).

#### **2.2.6.8. Pistilo.**

Cabe mencionar que es importante la longitud del pistilo siendo el primer caso que impide la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas (46).

#### **2.2.6.9. El estilo.**

El estilo termina en cinco estigmas que se adhieren más o menos entre sí y es tubular (21).

#### **2.2.7. Cultivares de cacao.**

##### **2.2.7.1. Trinitario.**

Las características genéticas, morfológicas y de calidad son intermedias y está conformado por híbridos que comprenden las mezclas entre el criollo y el forastero (47). Presentan granos de tamaño mediano a grande y cotiledones de color castaño, ocupan del 10 al 15% de la producción mundial. Constituido por una población híbrida que se originó en la Isla de Trinidad, botánicamente son un grupo complejo (8).

##### **2.2.7.2. Nacional.**

Por sus características especiales de calidad; se lo considera un parentesco más a fin al tipo criollo, las almendras internamente son violeta pálido o lila, las mazorcas son amelonadas, pero con estrangulaciones en la base y el ápice de la misma, con surcos y lomos poco profundos. Conocido como el cacao fino y de aroma, por sus fragancias, sabores frutales y florales. El cacao Nacional se lo considera un forastero amazónico (48).

#### **2.2.8. Generación de clones.**

La única alternativa hasta hace poco era el abandono o cambio de actividad de las plantaciones en donde la generación de clones con alta resistencia permitiría producir cacao en ambientes infestados (49); en genotipos altamente productivos es de su suma importancia incorporar caracteres de resistencia (50).

Hay clones que ingresaron a nuestro país, con alta calidad genética, pero a través de los años esto se ha ido degenerando, debido al mal uso del recurso como fuente de semilla que no ha controlado la pureza y calidad (51).

La obtención de genotipos superiores de alto valor agronómico, se obtiene del aprovechamiento del germoplasma valioso mediante la hibridación (52). Se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas en polinizaciones manual, cruzando los mejores árboles padre y madre del cual se obtienen semillas híbridas de calidad (20).

### **2.2.9. Caracterización genética de clones.**

La identificación de los clones con características superiores, se considera como un aporte al mejoramiento productivo del cacao en el país. Todos los materiales estudiados son originarios de la colección CCAT (Centro de cacao fino y de aroma Tenguel) (53).

Para cada clon se estableció con una parcela de 10 plantas, distribuidas en un marco de plantación de 3 x 3 m, se evaluaron el índice de mazorca, índice de almendra, porcentaje de mazorcas sanas y rendimiento de cacao. Fueron analizados a través de estadística descriptiva y multivariada. Obteniendo una alta productividad, adecuada estabilidad de la producción y cierta tolerancia a las enfermedades del cacao. Estos clones experimentales tipo Nacional se presentan como promisorios para nuevos estudios agronómicos y pueden ser utilizados en programas de conservación y mejoramiento genético (53).

El número de mazorcas sanas por planta no siempre es un indicador de mejoramiento genético en términos de mayor rendimiento. Se menciona que a pesar de la relevancia de la producción de frutos, el peso de almendras es el carácter que más interesa al productor (53).

Los clones evaluados presentan diferencias en las características de producción y sanidad, este comportamiento podría estar relacionado con las características genéticas de los genotipos

evaluados y con los factores ecológicos determinantes en el desarrollo y producción de las plantas de cacao (53).

En el estudio, el desempeño productivo encontrado en clones de cacao tipo Nacional muestra una alta variabilidad genética que podría ser utilizada en programas de mejoramiento (53).

La caracterización fenotípica de los clones experimentales de cacao tipo Nacional permitió establecer la existencia de una alta variabilidad genética como germoplasma entre los clones existentes en la Finca Experimental “La Represa” (53).

#### **2.2.10. Aspectos principales.**

En cacao, un 80% de la polinización se realiza por insectos, una de las causas de la baja productividad en los cacaotales, es la falta de agentes polinizadores y la autoincompatibilidad de algunos árboles, debido a que la polinización natural no es eficiente. Puede dar respuesta a esta problemática la técnica de polinización manual. Deben ser capacitados, para implementar la técnica de polinización, adicionando el manejo adecuado del cultivo: plantación limpia, adecuada entrada de luz, bien nutrida, excelente suministro de agua y libre de enfermedades e insectos plagas (54).

Las flores seleccionadas deben estar recién abiertas con anteras de color blanco cremoso, se obtendrá el polen que será depositado en las flores del árbol hembra, en el árbol macho, descartando flores con anteras de color amarillo o marrón por no ser apta, esto consiste el proceso de polinización. Con la polinización manual se puede obtener una producción de 3 a 4 veces mayor que con la polinización natural (54).

#### **2.2.11. Sistemas de reproducción de las plantas.**

Se puede conocer la composición de la población, si se conoce la forma de reproducción de una especie, es fundamental el conocimiento de las formas de reproducción de las plantas cultivadas

para la aplicación de las técnicas y métodos de mejoramiento. El grado de variabilidad genética de la población y el tipo de variancia genética (55).

#### **2.2.12. Bases de variación en la población.**

Se origina por las recombinaciones genéticas producto de la hibridación, por las mutaciones naturales e inducidas y por la polinización natural y dirigida, es la fuente importante para el mejoramiento genético de los cultivos (56).

Se dice que no existe en la naturaleza dos organismos que sean exactamente iguales, la variabilidad es un hecho esencial en los seres vivientes y las plantas que se reproducen sexualmente. Pueden generar nuevas estirpes, las diferencias pueden tener causas genéticas o ambientales (56).

De ser genéticamente iguales no son exactamente similares en apariencia, debido a causas ambientales, como los gemelos idénticos, individuos de un mismo clon o una misma línea pura; sin embargo, los individuos pertenecientes a una misma familia o a una misma población pueden ser genéticamente iguales (56).

#### **2.2.13. Determinación de la variabilidad en una población.**

El carácter no puede ser modificado por selección, si no hay variación genética para una característica dentro de una población, todas las variaciones (características) se pueden cuantificar. No se debe confundir la diversidad genética con la variabilidad genética, que es característica de poblaciones dentro de una especie. La diversidad genética de una especie está constituida por todas las variaciones genéticas, producto de la diferencia de las especies. La diversidad genética total de una especie es la suma de la variación entre poblaciones de una especie, más la variación dentro de poblaciones (57).

#### **2.2.14. Sistemas de Incompatibilidad.**

El fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos sistemas heteromórfico y homomórfico (12). En el primer caso, se impiden la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. En el sistema homomórfico el impedimento de la fecundación se debe a factores genéticos y no morfológicos (58).

La incompatibilidad sexual del cacao es un fenómeno genético-químico que regula la capacidad de una planta de aceptar o rechazar el polen de sí misma o de plantas vecinas afectando la potencial cosecha (58).

#### **2.2.15. Proyectos de investigación relacionados con el sistema de reproducción sexual y morfología floral de clones de *T. cacao*.**

Baena, L. y Garcia, N. en el 2012, investigación realizada en la OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETARIA A PARTIR DE CASCARILLA DE LAS SEMILLAS TOSTADAS DE (*Theobroma cacao* L.) DE UNA INDUSTRIA CHOCOLATERÍA COLOMBIANA, con el objetivo general de obtener y caracterizar la fibra del residuo del extracto de la cascarilla de cacao, procedente de la industria chocolatera colombiana. Con el fin de proponer un potencial uso para su aprovechamiento por la industria en general, donde menciona que las ramas están sostenidas por un pedúnculo de 10 – 30 mm (59).

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. y Weigend, M. en el 2011, quienes realizaron la HOJA BOTÁNICA: CACAO (*Theobroma cacao* L.), del proyecto Perúbiodiverso, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La sistemática de la especie *T. cacao* ha sido relativamente bien investigada y la especie está claramente delimitada. Aún hay preguntas abiertas con relación a la filogenia de los géneros *Theobroma*, así como sobre algunas secciones dentro de los géneros, indicando que los sépalos son (verdosos) blancos o rosa claros con 1.5 - 2 mm de ancho (60).

Hardy, F. en el 1961, en el MANUAL DE CACAO inducido por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, fue copilado para el uso especial de los estudiantes, con la finalidad de tener materiales de enseñanza para los cursos, el manual fue editado en inglés y en español, las partes incluidas en el editado como parte del contrato en 1995 entre la Administración de Cooperación Técnica (ICA) y el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), disponiendo de secciones y capítulos que concuerdan con el orden de establecimiento, manteamiento, rehabilitación, manejo, control de enfermedades y plagas, cosecha y beneficio; enfocándose especialmente en la genética relativa a la hibridación y mejoramiento a la calidad de siembra, así como la botánica de la planta de cacao, donde se menciona que el cáliz tiene 5 sépalos de color rosado o blanco, de 7 a 11 mm de longitud, en forma de cuña, unidos en su base (61).

Laje, O. en el 2013, citado por Veliz en el 2015, en su investigación denominada “EVALUACIÓN DE LA AUTO COMPATIBILIDAD EN ALGUNOS CULTIVARES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y TRINITARIO EN EL LITORAL ECUATORIANO”. La presente indagación se llevó a cabo en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en la Parte Alta de la Cuenca del Río Guayas a 90 metros sobre el nivel del mar. Quien mencionan que el ancho de sepalo pueden alacanzar un promedio de 2 mm (62).

Mazeira, F. en el 2013, citado por Mendoza, C. en el 2015, en un estudio realizado en COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN ARBOLES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL IN SITU EN LA ZONA DE VALENCIA DURANTE LA ÉPOCA SECA. La presente investigación se la llevó a cabo en la finca “Santa Isabel”, en una plantación de cacao tipo nacional *in situ*, ubicada en el recinto “Aguacate de Pise” Km 18 vía La Esperanza cantón Valencia, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es, latitud  $89^{\circ} 16' 41.18''$  N y una longitud de  $-127^{\circ} 10' 9.15''$  W. Con una altitud de 112 m.s.n.m., quien manifiesta 0.43 en compatibilidad cruzada en flores que fecundaron y 0.57 en flores que no llegaron a fecundar con (12).

Mendoza, C. en el 2015 realizó el proyecto de investigación “COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO”, en la Finca Experimental “La Represa”. Con los objetivos de seleccionar clones de cacao con mayor grado de auto-compatibilidad genética y clones de cacao que presenten incompatibilidad genética, caracterizando la morfología floral del clon auto compatible. Según los resultados obtenidos, reflejaron ser auto compatibles con índice de 1.00, asimismo se presenta promedios del peso de la flor con un 0.063 g y 2.19 mm en ancho de pétalo y la longitud de pistilo con 2.90 mm (8).

Noriega, C. en el 2012, en el informe técnico del proyecto de investigación realizó la 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). El lugar donde se desarrolló este ensayo fueron los jardines clonales de la Estación Experimental Litoral Sur (EELS), donde se encuentran los materiales genéticos de tipo Nacional con un promedio de edad 10 años, cada uno de los jardines disponen de sistemas de riego subfoliar el mismo que es recomendado para el cultivo de cacao. Donde menciona que una planta puede producir alrededor de 8333 a 12500 flores semestrales (63).

Nosti, J. en el 1963, en el libro titulado CACAO, CAFE Y TE, en la 2ª edición: Colección agrícola Salvat Agricultura, contiene la historia del cacao; origen, medio natural; anatomía, fisiología, sistemática y composición química, el cultivo del cacao; fertilización, historia del café; cría y poda del cafeto, la selección, economía y comercio cafeteros, el cultivo del té; enfermedades y enemigos del té; etc. Contiene 190 grabados de 22 x 15 y 806 páginas. Donde indica que puede medir entre 20 a 30 mm la longitud del pedúnculo de la flor de *T. cacao*. El cojinete floral nace directamente de la madera vieja del tallo principal y las ramas laterales, tienen un periodo de duración de 20 a 22 días y al abrirse empieza la dehiscencia de las anteras, las flores se producen y desarrollan en cojines florales, contiene 40 a 60 flores cada cojinete floral, en grupos que varían entre 14 y 48. Las diferencias grandes en el número de flores en los cojinetes de diferentes árboles han sido atribuidas a la herencia (64).

Pacheco, E. en el 2015, quien evaluó la PRODUCCIÓN DEL CLON DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 ORGÁNICO A TRES DISTANCIAMIENTOS EN UN SISTEMA TRIANGULAR DE DOBLE HILERA. LOS RÍOS, en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Localizada en el recinto Faita, Kilómetro 7,5 de la Vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. Su ubicación Geográfica corresponde a 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste localizada en una zona clasificada como bosque húmedo-Tropical a una altura de 73 m.s.n.m. En el trabajo de investigación señala que los sépalos de la flor pueden medir de 6 – 8 mm de longitud (65).

Peña, G. en el 2003, citado por Mendoza en el 2015, en su estudio sobre la “CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 57 SECCIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). TIPO NACIONAL DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE”, INIAP está ubicado en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos, Su ubicación Geográfica corresponde a una altitud de 75 msnm, con una temperatura promedio de 25.47°C, un promedio de 85.84 % de humedad relativa, con una precipitación anual de 2223.85 mm, una heliofania promedio de 898.66, con temperatura promedio de 25.47°C y localizada en una zona clasificada como Bosque semi húmedo tropical, en la investigación registraron que el largo del estaminoide puede medir entre 1.85 y 3.57 mm (66).

Ramos, Y., Rivas, G. y Villalta, L. en el 2015, quienes realizaron la EVALUACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE INJERTO EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y SU INCIDENCIA EN EL PRENDIMIENTO EN FASE DE VIVERO. La investigación se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Consistió en evaluar dos técnicas de injertos y sus modificaciones en cacao (*Theobroma cacao* L.); se injertaron un total de 280 plantas con el fin de evaluar cuál es el más eficiente en prendimiento adaptado a la especie, para que sean utilizados por los viveristas y garantizar la producción de plantas injertadas. Registran que los puntos de inflorescencia nacen solo de la

cicatrización que dejan las hojas al desprenderse; el número de flores por cojines varia de un cultivar a otro en un rango de 14-48 flores (67).

Rios, D. en el 2015, en el estudio “DESCRIPCIÓN DE LA DIVERSIDAD ENTOMOLÓGICA ASOCIADA A LA FLOR DE *Theobroma cacao* L.” Indica que después de haber analizado varias fuentes bibliográficas se ha determinado que la flor del cacao juega un papel muy importante en los mecanismos de polinización debido a que la flor del cacao tiene estructuras que evolutivamente corresponden a una flor especializada, una planta de cacao produce en promedio  $4554 \pm 687$  flores en seis meses. Típicamente, el período desde el momento en el que emerge un botón floral hasta su apertura es de aproximadamente 30 días y este proceso está influenciado directamente por los factores climáticos del entorno (68).

Rondón, J. y Cumana, L. en el 2005 citado por Pacheco, E. en el 2015, manifiesta en la REVISIÓN TAXONÓMICA DE GENERO *Theobroma cacao* L. (STERCULIACEAE). Esta revisión permitió determinar seis especies de *Theobroma*, de las cuales *Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng, se reporta como nueva para Venezuela. Las especies de este género tienen distribución limitada y se localizan predominantemente en bosques húmedos. *Theobroma cacao* L. es la especie más representativa del género y con mayor distribución, ubicándose desde los estados centrooccidentales hasta el oriente del país. En el tratamiento taxonómico se indican las secciones acompañadas de claves, descripciones, ilustraciones con detalles de flores y frutos e información del uso, hábitat y fenología de las especies, donde registraron 6.5 a 7.5 mm de longitud del estaminoide (69).

Veliz, B. en el 2015, realizó el proyecto de investigación denominado “AUTO-COMPATIBILIDAD GENÉTICA Y CALIDAD FÍSICA DE ALMENDRA EN VEINTE HÍBRIDOS INTERCLONALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”. Con el fin de evaluar la auto-compatibilidad, morfología floral y la calidad física pos-cosecha de las almendras, la cual empleo un diseño completamente al azar, considerando 20 híbridos como tratamientos, más el testigo comercial JHVH-10, de acuerdo a los resultados obtenidos, reflejaron ser auto-compatibles con 0.60 de flores fecundadas, el tamaño de la flor obtuvo 1.95 y 1.92 cm, mientras

que en el ancho del pétalo manifestó que el 71% de los tratamientos presentaron 2.00 mm, las medidas de largo de pétalo la mayor longitud fue de 7 mm respectivamente y el peso de la flor con 0.040 g (46).

Villegas, R., Astorga, C, en el 2005, en el trabajo “CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CACAO NACIONAL BOLIVIANO, ALTO BENI, BOLIVIA”, se analizó la variabilidad morfológica y genética del Cacao Nacional Boliviano, silvestre y cultivada. Se evaluaron 164 genotipos de CNB con diferente nivel de domesticación (57 silvestres, 107 cultivados) y 61 selecciones élites de fincas de productores de la cooperativa, con el objetivo de Valorizar e incrementar el conocimiento del Cacao Nacional Boliviano, mediante la caracterización morfológica, molecular y de calidad de genotipos silvestres y con diferente grado de domesticación. La investigación se desarrolló en diciembre e incluyó una fase de campo en Bolivia y una fase de laboratorio, llevada a cabo en el laboratorio de Biología Molecular del CATIE, Turrialba Costa Rica y en los laboratorios del USDA/ARS-Beltsville, Estados Unidos, donde se registraron 2.20 mm de longitud del pistilo (70).

Zapata, R. y Arroyo, M. en el 1978, en la investigación titulada PLANTA ECOLÓGICA DE LA REPRODUCCIÓN DE UN BOSQUE SECUNDARIO DECIDUO EN VENEZUELA. Los sistemas de cría, eficacias reproductivas, y densidades de árboles seleccionados, arbustos, enredaderas y hemiparásitas de un bosque tropical caducifolio de mediana elevación secundaria en Venezuela se investigaron. Los grados de reproducción de las especies dioicas son más altos que los de los hermafroditas genéticamente incompatibles, hermafroditas compatibles no autógamas establecen un menor porcentaje de semillas que hacer hermafroditas autógamas. Sin embargo, la información analizada en esta investigación registra que índices con valores superiores a 0.20 indican autogamia, mientras que valores por debajo de este número indican incompatibilidad, el índice de compatibilidad se determinó a partir de flores y mazorcas cosechadas (71).

Zambrano, J. en el 2000, citado por Veliz, B. en el 2015, en el estudio titulado CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE 67 GENOTIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL Y OTROS ORÍGENES EN LA COLECCIÓN DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE – INIAP, ubicada en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos, donde menciona que la auto polinización en 55 clones de cacao de cacao tipo Nacional, 39 de estos resultaron ser auto compatibles presentando un índice de 0.85 de prendimiento, un índice de compatibilidad del 0.60 (72).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

El presente proyecto de investigación se realizó en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada a 2.5 km del ingreso al Recinto Fajita, Kilómetro 7.5 de la vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. Su ubicación Geográfica corresponde a 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste localizada en una zona clasificada como bosque húmedo-Tropical a una altura de 73 m.s.n.m. y obtuvo una duración de seis meses desde septiembre del 2015 hasta marzo del 2016.

**Cuadro 2.** Características meteorológicas de la Finca Experimental “La Represa”.

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

**Fuente:** (73).

### 3.2. Tipo de investigación.

El proyecto de investigación es de tipo experimental que tributa a la línea #1 de investigación: Desarrollo de sistemas de producción que promuevan el uso eficiente de los recursos genéticos y ambientales (suelo, agua, luz).

### **3.3. Material genético.**

Se evaluó la compatibilidad genética en cinco clones de cacao tipo Nacional, DICYT-C-107, DICYT-C-114, DICYT-C-119, DICYT-C-186 y DICYT-C-217 y dos testigos tipo Trinitario, LR-35 y CCN-51. Se seleccionaron 30 flores por clon para su reproducción y 40 flores para caracterizar la estructura floral.

### **3.4. Materiales de campo.**

- ✓ Tubos eppendorf
- ✓ Pinza quirúrgica
- ✓ Etiquetas plásticas
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Tablero
- ✓ Plastilina
- ✓ Alfileres
- ✓ Caja Petri

### **3.5. Materiales de oficina.**

- ✓ Hojas A4
- ✓ Lápices
- ✓ Borrador
- ✓ Marcadores
- ✓ Impresora

### **3.6. Equipos.**

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ Balanza electrónica

### 3.7. Diseño experimental.

Los cruzamientos dialélicos incompletos son aquellas que se componen de la mitad de un grupo “n” de clones, en las combinaciones posibles que pueden obtenerse entre. Tal como se observa en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.** Diseño de cruzamiento dialélico incompleto de clones élitos de cacao establecidos en la Finca Experimental “La Represa”.

| <b>MADRE</b><br><b>PADRE</b> | <b>DICYT<br/>(107)</b> | <b>DICYT<br/>(114)</b> | <b>DICYT<br/>(119)</b> | <b>DICYT<br/>(186)</b> | <b>DICY<br/>T (217)</b> | <b>LR-35</b> | <b>CCN-51</b> |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|---------------|
| <b>DICYT<br/>(107)</b>       | X                      | X                      | X                      | X                      | X                       | X            | X             |
| <b>DICYT<br/>(114)</b>       |                        | X                      | X                      | X                      | X                       | X            | X             |
| <b>DICYT<br/>(119)</b>       |                        |                        | X                      | X                      | X                       | X            | X             |
| <b>DICYT<br/>(186)</b>       |                        |                        |                        | X                      | X                       | X            | X             |
| <b>DICYT<br/>(217)</b>       |                        |                        |                        |                        | X                       | X            | X             |
| <b>LR-35</b>                 |                        |                        |                        |                        |                         | X            | X             |
| <b>CCN-51</b>                |                        |                        |                        |                        |                         |              | X             |

**Simbología**

X= Cruzamiento directo

X= Autopolinización

DICYT= Departamento de Investigación Científica y Tecnológica

### **3.8. Origen de los clones.**

Todos los clones son originarios de la Finca Experimental la “Buseta” descendientes de la colección CCAT (Centro de cacao fino y de aroma Tenguel), en la provincia del Guayas, con características sobresalientes de producción, fueron seleccionados 152 árboles de aproximadamente 6.000 árboles provenientes de semillas. Los clones que se estudiaron en el proyecto de investigación fueron obtenidos por injerto de yema.

### **3.9. Análisis de datos.**

En el presente proyecto de investigación se realizó un contraste de medias entre clones y entre los grupos evaluados, utilizando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ). Para la determinación de la normalidad, se utilizó la prueba Kruskal Wallis para su análisis correspondiente en el programa SAS V9 (74).

### **3.10. Variables estudiadas.**

- ✓ Auto compatibilidad, compatibilidad cruzada e índice de compatibilidad
- ✓ Longitud del pedúnculo (mm)
- ✓ Longitud y ancho del sépalo (mm)
- ✓ Longitud y ancho del pétalo (mm)
- ✓ Longitud del estaminoide (mm)
- ✓ Longitud de pistilo (mm)
- ✓ Peso de la flor (g)
- ✓ Área floral de la planta

### **3.11. Mediciones de las variables.**

#### **3.11.1. Auto-compatibilidad, compatibilidad cruzada e índice de compatibilidad.**

Se determinó la auto compatibilidad y compatibilidad cruzada, mediante la polinización manual de 30 flores, se halló al dividir la suma de las flores prendidas, por las flores consideradas en cada clon. Se calculó el índice de compatibilidad en clones, a partir la proporción de mazorcas / flor producida por autopolinización manual, dividida por la relación de las mazorcas / flores producidas por fertilización cruzada manual (75).

#### **3.11.2. Longitud del pedúnculo (mm).**

Utilizando una hoja milimetrada, se procedió a medir desde la abscisión de la flor hasta la unión de los sépalos, la longitud de pedúnculo (8).

#### **3.11.3. Longitud y ancho del sépalo (mm).**

Tomando la flor se tomó el sépalo por la base con cuidado con la ayuda de una pinza, para medir el largo y ancho del mismo, utilizando una hoja milimetrada (8).

#### **3.11.4. Longitud y ancho del pétalo (mm).**

Con la ayuda de una hoja milimetrada se midió el largo y ancho del pétalo, para obtener las medidas correspondientes (8).

#### **3.11.5. Longitud del estaminoide (mm).**

Para tener la oportunidad de medir la longitud del estaminoide en la hoja milimetrada, se tomó con precaución las partes de la flore para no afectar la toma de datos (8).

#### **3.11.6. Longitud de pistilo (mm).**

Se evaluó la longitud del pistilo midiendo con la una hoja milimetrada teniendo precaución en el manejo de la flor para no afectar los datos (8).

#### **3.11.7. Peso de la Flor (g).**

Se pesó cuarenta flores individuales enteras por clon, con una balanza de precisión para luego adquirir los datos (8).

#### **3.11.8. Área floral de la planta (cm<sup>2</sup>).**

Se marcó una superficie de 30 cm<sup>2</sup> en las ramas de los clones previo a la floración y posteriormente se contó el número de flores emitidas en dicha superficie, para la estimación de la cantidad de flores totales por planta (8).

### **3.12. Manejo del experimento.**

#### **3.12.1. Identificación de los clones.**

Se inició identificando los clones en el campo de origen Nacional y Trinitario, realizando el etiquetado con placas de madera con su respectivo nombre.

#### **3.12.2. Poda.**

Consistió en la eliminación de todos los chupones, ramas innecesarias, partes enfermas y muertas del árbol, para ejercer el crecimiento y producción de flores.

### **3.12.3. Control de malezas.**

Se eliminó las malas hierbas cada quince días, con la ayuda de herramientas como machete, sin dañar las raíces de los cacaotales ya que estas se encuentran muy superficialmente. También se empleó la moto guadaña procurando no utilizar herbicidas, procediendo a realizar corona en las plantas de cacao.

### **3.12.4. Riego.**

Se efectuó riegos en las plantas de cacao, es una labor que no se debe descuidar en temporada de sequía, para estimular la floración en los clones, antes de realizar la fertilización.

### **3.12.5. Fertilización.**

Se fertilizó el suelo conforme a sus requerimientos nutricionales, facilitados en un análisis de suelo. Se realizó la fertilización en el mes de septiembre.

### **3.12.6. Inducción de floración.**

El trabajo se inició en época seca, se utilizó un estimulante de floración a base de fitohormonas, Evergreen a una dosis de 10 ml por 20 litros de agua, mediante aplicación directa sobre los tallos.

### **3.12.7. Técnica de auto polinización y polinización cruzada.**

El método que se describe a continuación es de polinización manual o controlada, el cual se realizó de la siguiente manera: en un cojín floral se seleccionó una flor que esté lista para abrir al día siguiente, se reconoció por su apariencia abultada, se colocó el tubo eppendorf sobre una flor de cacao fijándolo en el árbol con un poco de plastilina, en la mañana del día siguiente, cuando la flor esta ya abierta y su estigma receptivo, se removió con una pinza los sépalos y

pétalos a los cuales están adherido los estambres, teniendo cuidado de no desplazar el polen con movimientos bruscos, después se cortan los estaminoides para dar fácil acceso al estigma.

Se le aplico el polen de una flor del mismo árbol, si es auto polinización y polen de otro clon si es polinización cruzada, del árbol que se va a usar como padre se colecta flores en una caja petri, se utilizó pinzas para separar los sépalos, pétalo y cogulla, dejando las anteras maduras adheridas a los estambres, deben estar en buenas condiciones, se reconoció fácilmente por su color blanco perlado, las anteras viejas se distinguen por su color pardo y por su polen amarillento. Se froto la estigma de la flor padre en la flor madre para que el polen quede adherido.

La flor recién polinizada se protegió cubriéndola nuevamente con el tubo eppendorf, a cada flor polinizada se le colocó una etiqueta que indique los clones usados como progenitores y la fecha. Transcurridos 3 días se realizó una inspección de las flores polinizadas para ver si hubo fertilización, se conoció por el abultamiento de los ovarios y en tal caso de no ser fecundadas la flor se encuentra caída.

#### **3.12.8. Marcación de área floral.**

El área floral se midió marcando previamente una superficie de la rama de 3 x 10 cm para el efecto se registró observaciones por planta desde septiembre del 2015 hasta marzo del 2016, contando el número de flores que abarcó la etiqueta de plástico, con un total de cuarenta observaciones por clon.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1. Resultados y discusión con relación a la compatibilidad genética y estructura floral, registrados en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.**

En el cuadro 4, se presenta los cuadros medios de las variables en estudio.

**Cuadro 4.** Cuadrados medios y significancia estadística de las variables estudiadas en el sistema de producción sexual y morfología floral en el cultivo de *T. cacao*, en la Finca Experimental “La Represa”.

| Variables                        | Clones de cacao |    |
|----------------------------------|-----------------|----|
|                                  | CM              | SE |
| Auto compatibilidad              | 0.5603          | *  |
| Compatibilidad cruzada           | 0.9621          | ** |
| Longitud de pedúnculo            | 191.5810        | ** |
| Longitud de sépalo               | 15.8699         | ** |
| Ancho de sépalo                  | 1.2850          | ** |
| Longitud de pétalo               | 0.5093          | ** |
| Ancho de pétalo                  | 1.3851          | ** |
| Longitud del estaminoide         | 15.6785         | ** |
| Longitud de pistilo              | 5.5623          | ** |
| Peso de la flor                  | 0.0014          | ** |
| Numero de flores/cm <sup>2</sup> | 3.2512          | ** |
| Numero de flores/planta          | 4831404.95      | ** |

Análisis realizado por el programa estadístico SAS V9. CM: Cuadrado Medio. SE: Significancia Estadística. NS: No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$ .

## **4.2. Variables de compatibilidad genética.**

### **4.2.1. Auto compatibilidad.**

En el análisis de la varianza realizado a la variable Auto compatibilidad (Cuadro 1 del Anexo), presentó diferencia estadística entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ).

En el Cuadro 5, se puede observar el contraste de medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, registrados en la compatibilidad genética en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

Con relación al Cuadro 5, se puede indicar que el clon DICYT 186, obtuvo el promedio más alto de auto compatibilidad con 0.93, que superó estadísticamente a los demás clones, este promedio fue superior al registrado por Véliz, B. en el 2015, quien obtuvo un índice de 0.60, con el fin de seleccionar híbridos de cacao con mayor grado de auto compatibilidad genética, de acuerdo a Mendoza, C. en el 2015, el promedio fue inferior, con un índice de auto compatibilidad de 1.00, mientras que, el clon DICYT 119 obtuvo el promedio más bajo de auto compatibilidad con un valor de 0.57. El coeficiente variación fue de 54.29%.

Cabe mencionar que en la actualidad, no existe una variedad nacional genéticamente pura del cacao, pues lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en una población conocida con el nombre de complejo “Nacional x Trinitario”. Los tres grandes grupos de cacao que se reconocen a nivel internacional son: Criollos, Forasteros y Trinitarios, pero en el Ecuador existe una variedad Nacional que es diferente por ser nativa y proviene de los declives orientales de la Cordillera de los Andes en la hoya amazónica, por ende se manifiesta la compatibilidad genética en autopolinización debido a una rigurosa selección fenotípica, basada en los caracteres de producción y resistencia a enfermedades (76).

**Cuadro 5.** Promedios estadísticos de la variable Auto compatibilidad, en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Clones | Variable  | Índice de auto compatibilidad |                |    |
|--------|-----------|-------------------------------|----------------|----|
|        |           | $\bar{X}$                     | <i>SD</i>      |    |
|        | DICYT 107 | 0.80                          | ( $\pm 0.4$ )  | ab |
|        | DICYT 119 | 0.57                          | ( $\pm 0.50$ ) | b  |
|        | DICYT 114 | 0.73                          | ( $\pm 0.45$ ) | ab |
|        | DICYT 186 | 0.93                          | ( $\pm 0.24$ ) | a  |
|        | DICYT 217 | 0.83                          | ( $\pm 0.37$ ) | ab |
|        | CCN-51    | 0.87                          | ( $\pm 0.35$ ) | ab |
|        | LR-35     | 0.60                          | ( $\pm 0.39$ ) |    |
|        | $\bar{X}$ |                               | 0.76           |    |
|        | CV %      |                               | 54.29          |    |

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) CV: coeficiente de variación  $\bar{X}$ : Promedio *SD*: Desviación estándar.

#### 4.2.2. Compatibilidad cruzada.

En el análisis de la varianza realizado a la variable Compatibilidad cruzada (Cuadro 2 del Anexo), presentó diferencia estadística entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ).

En el Cuadro 6, se puede identificar el contraste de medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, registrados en la compatibilidad genética en cruzamientos dialélicos incompletos en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

Respecto al mencionado cuadro se puede apreciar que el cruzamiento DICYT 114 x LR-35 presentó la mayor compatibilidad cruzada con un índice de 1.00, este valor concuerda con el promedio registrado por Mendoza, C. en el 2015, con un índice de 1.00, con el objetivo de seleccionar clones de cacao con mayor grado de auto-compatibilidad genética, Mazeira, F. en el 2013, citado por Mendoza, C. en el 2015, registró un promedio inferior con 0.43 en compatibilidad cruzada, diferenciándose del cruzamiento DICYT 114 x CCN-51 el cual alcanzo el promedio más bajo de compatibilidad cruzada con un valor de 0.33, con un coeficiente variación de 76.53%.

Comúnmente es aceptado que el éxito futuro y la sostenibilidad de la actividad cacaotera dependerán en gran medida de la capacidad de generar nuevas variedades, muy pocos avances se han logrado globalmente en esa dirección. Se enfatiza en conseguir cultivares con alta compatibilidad genética, que generen cultivares con altas producciones y que sean resistente a enfermedades (77).

**Cuadro 6.** Promedios estadísticos de la variable compatibilidad cruzada, en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Clones                | Índice de compatibilidad cruzada |           |      |
|-----------------------|----------------------------------|-----------|------|
|                       | $\bar{X}$                        | <i>SD</i> |      |
| DICYT 107 x DICYT 119 | 0.60                             | (±0.49)   | abcd |
| DICYT 119 x DICYT 217 | 0.87                             | (±0.35)   | ab   |
| DICYT 114 x DICYT 119 | 0.40                             | (±0.49)   | cd   |
| DICYT 186 x DICYT 217 | 0.80                             | (±0.40)   | abc  |
| DICYT 114 x CCN-51    | 0.33                             | (±0.47)   | d    |
| DICYT 107 x DICYT 217 | 0.47                             | (±0.50)   | bcd  |
| DICYT 119 x DICYT 186 | 0.40                             | (±0.49)   | cd   |
| DICYT 186 x CCN-51    | 0.60                             | (±0.49)   | abcd |
| DICYT 114 x DICYT 186 | 0.60                             | (±0.49)   | abcd |
| DICYT 217 x CCN-51    | 0.67                             | (±0.47)   | abcd |
| DICYT 107 x DICYT 114 | 0.47                             | (±0.50)   | bcd  |
| DICYT 114 x DICYT 217 | 0.80                             | (±0.40)   | abc  |
| DICYT 107 x CCN-51    | 0.73                             | (±0.45)   | abcd |
| DICYT 119 x CCN-51    | 0.60                             | (±0.49)   | abcd |
| LR35 x CCN-51         | 0.53                             | (±0.50)   | bcd  |
| DICYT 107 x LR-35     | 0.40                             | (±0.49)   | cd   |
| DICYT 114 x LR-35     | 1.00                             | (±0)      | a    |
| DICYT 186 x LR-35     | 0.50                             | (±0.50)   | bcd  |
| DICYT 217 x LR-35     | 0.80                             | (±0.40)   | abc  |
| DICYT 107 x DICYT 186 | 0.47                             | (±0.50)   | bcd  |
| DICYT 119 x LR-35     | 0.70                             | (±0.46)   | abcd |
| $\bar{X}$             |                                  | 0.60      |      |
| CV %                  |                                  | 76.53     |      |

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) CV: coeficiente de variación X: Promedio SD: Desviación estándar.

#### 4.2.3. Índice de compatibilidad.

En el Cuadro 7, se puede observar los índices, registrados en la compatibilidad genética en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

Cabe destacar en el cuadro mencionado, que los índices registrados por los clones de cacao en los seis meses de investigación, logró obtener valores superiores a 0.88, según la metodología de por Zapata, R. y Arroyo, M. en 1978, indican que índices con valores superiores a 0.20 presentan autogamia, Zambrano, J. en el 2000, indica un promedio de 0.60 de índice de compatibilidad, mientras que valores por debajo de este número indican incompatibilidad, por lo tanto, los clones poseen compatibilidad genética.

**Cuadro 7.** Promedios estadísticos del índice de compatibilidad genética en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Clones    | Índices (> 0) |      |      |
|-----------|---------------|------|------|
|           | AC            | CC   | CG   |
| DICYT 107 | 0.80          | 0    | 0    |
| DICYT 119 | 0.73          | 0.47 | 1.55 |
| DICYT 114 | 0.57          | 0.50 | 1.14 |
| DICYT 186 | 0.93          | 0.49 | 1.90 |
| DICYT 217 | 0.83          | 0.73 | 1.14 |
| CCN-51    | 0.60          | 0.68 | 0.88 |
| LR-35     | 0.87          | 0.58 | 1.50 |

ICG < 0.2 es incompatible, auto incompatible e incompatibilidad cruzada ICG > 0.2 es compatible.

#### Simbología

AC = auto compatible

CC = Compatibilidad cruzada

CG = compatibilidad genética

### **4.3. Variables de estructura floral.**

En el Cuadro 8, se puede apreciar el contraste de medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, registrados en la estructura floral en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

#### **4.3.1. Longitud del pedúnculo.**

Respecto al análisis de varianza obtenido en la variable Longitud del pedúnculo en mm, tal como se muestra en el (Cuadro 3 del Anexo), presentó diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ). El clon DICYT 119 resultó con mayor promedio de longitud de pedúnculo con 21.90 mm, este promedio concuerda al registrado Nosti, J. en 1963, donde indica que el pedúnculo puede medir entre 20 a 30 mm la longitud en la flor de cacao, también concuerda con Baena, L. y Garcia, N. en el 2012, donde menciona que la longitud del pedúnculo puede medir entre 10 a 30 mm, sin embargo, el clon LR-35 presentó el promedio más bajo de longitud del pedúnculo con un valor de 15.10. El coeficiente de variación fue de 11.07%.

#### **4.3.2. Longitud del sépalo.**

Para esta variable se presentó diferencia estadística entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) al realizar el análisis de varianza, la cual se muestra en el (Cuadro 4 del Anexo), alcanzó el mayor promedio de longitud de sépalo el clon DICYT 119 con un índice de 8.49. concuerda con Hardy, F. en 1961 con datos registrados, donde se menciona que el sépalo posee 7 a 11 mm de longitud, el estudio realizado por Pacheco, E. en el 2015, manifiesta un promedio inferior de 6 a 8 mm de longitud del sépalo, cabe mencionar, el clon LR-35 registró el promedio más bajo de longitud del sépalo con un índice de 6.90. El coeficiente de variación fue de 11.29%.

#### **4.3.3. Ancho de sépalo.**

Cabe mencionar que presentó diferencia estadística esta variable entre los clones de cacao, en el análisis de la varianza según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), se muestra en el (Cuadro 5 del Anexo).

Indicando que el clon CCN-51, adquirió el promedio más alto del ancho de sépalo con 2.89, este valor es superior a los 2.00 mm de ancho de sépalo, respecto al indicado por Laje, O. en el 2013. Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. y Weigend, M. en el 2011, reportó un promedio inferior con 1.50 – 2.00 mm de ancho de sépalo, por lo tanto, el clon DICYT 119 presentó el menor promedio de ancho de sépalo con un índice de 2.37. El coeficiente de variación fue de 10.93%.

#### **4.3.4. Longitud de pétalo.**

Al realizar el análisis de varianza en el (Cuadro 6 del Anexo), presentó diferencia estadística entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), presentaron estadísticamente igual longitud de pétalo los clones DICYT 217, CCN-51 y LR-35, con promedios de 3.03, 2.99 y 3.04 en su orden, estos valores fueron inferiores al señalado por Veliz, B. en el 2015, quien obtuvo un valor de 7.00 mm de longitud, Hardy, F. en el 1961, reportó un promedio superior de 7 a 11 mm de longitud, cabe mencionar, que el clon DICYT 114 demostró la menor longitud de pétalo con un valor de 2.72. El coeficiente de variación fue de 13.76%.

#### **4.3.5. Ancho de pétalo.**

Según el análisis de varianza (Cuadro 7 del Anexo) existió diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), los clones DICYT 186, DICYT 217 y CCN-51, mostraron los mayores anchos de pétalos con promedios de 2.82, 2.85 y 2.80 en su orden, los mismos que fueron superiores a los reportados por Veliz, B. en el 2015, cuyos promedios de ancho de pétalo no superaron los 2.00 mm, de igual manera Mendoza, C. en el 2015, registró un promedio inferior con 2.19 mm en ancho de sépalo, consecutivamente el clon DICYT 119 presentó el menor promedio de ancho de pétalo con un valor de 2.31. El coeficiente de variación fue de 8.36%.

#### **4.3.6. Longitud del estaminoide.**

El análisis de varianza (Cuadro 8 del Anexo), presenta diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), los clones DICYT 107, CCN-51 y LR-35, manifestaron

mayores promedios de longitud del estaminoide, con valores de 6.80, 7.10 y 7.10 en su orden, fueron inferiores a 5.25 mm de longitud, al reportado por Peña, G. en el 2003, al respecto Rondón, J. y Cumana, L. en el 2005, concuerdan con promedios de 6.50 a 7.50 mm de longitud, mientras que, el clon DICYT 119 presento el menor promedio de longitud del estaminoide con un índice de 5.31. El coeficiente variación fue de 9.33%.

#### **4.3.7. Longitud de pistilo.**

De acuerdo con el análisis de la variancia en el (Cuadro 9 del Anexo), presenta diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), se puede observar que los clones DICYT 107, DICYT 114, DICYT 186, DICYT 217 y CCN-51 registraron los mayores promedios en la longitud de pistilo, con 4.65, 4.84, 4.73, 4.88 y 4.86, en su orden, que superaron estadísticamente a los demás clones, estos promedios revelaron ser superiores a los mencionados por Villegas, R. y Astorga, C. en el 2005, con 2.20 mm de longitud, Mendoza, C. en el 2015, adquirió un promedio inferior con 2.90 mm en longitud de pistilo. El clon LR-35 indicó el promedio más bajo de longitud de pistilo con un índice de 3.90. El coeficiente variación fue de 9.03%.

**Cuadro 8.** Promedios estadísticos de la estructura floral en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Variables<br>Clones | Longitud de pedúnculo |           | Longitud de sépalo |           | Ancho de sépalo |           | Longitud de pétalo |           | Ancho de pétalo |           | Longitud del estaminoide |           | Longitud de pistilo |           |
|---------------------|-----------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|--------------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                     | $\bar{X}$             | <i>SD</i> | $\bar{X}$          | <i>SD</i> | $\bar{X}$       | <i>SD</i> | $\bar{X}$          | <i>SD</i> | $\bar{X}$       | <i>SD</i> | $\bar{X}$                | <i>SD</i> | $\bar{X}$           | <i>SD</i> |
| <b>DICYT C 107</b>  | 20.40 (±2.15)         | b         | 8.20 (±0.87)       | ab        | 2.66 (±0.3)     | bcd       | 2.88 (±0.17)       | ab        | 2.74 (±0.10)    | ab        | 6.80 (±0.75)             | a         | 4.65 (±0.33)        | a         |
| <b>DICYT C 119</b>  | 21.90 (±2.12)         | a         | 8.49 (±0.49)       | a         | 2.37 (±0.22)    | e         | 2.97 (±0.94)       | ab        | 2.31 (±0.46)    | c         | 5.31 (±0.55)             | c         | 4.25 (±0.30)        | b         |
| <b>DICYT C 114</b>  | 19.60 (±1.85)         | bc        | 7.17 (±0.98)       | c         | 2.60 (±0.14)    | cd        | 2.72 (±0.17)       | b         | 2.62 (±0.10)    | b         | 6.29 (±0.41)             | b         | 4.84 (±0.26)        | a         |
| <b>DICYT C 186</b>  | 17.60 (±1.28)         | d         | 7.02 (±1.08)       | c         | 2.47 (±0.26)    | de        | 2.88 (±0.24)       | ab        | 2.82 (±0.26)    | a         | 6.22 (±0.50)             | b         | 4.73 (±0.37)        | a         |
| <b>DICYT C 217</b>  | 18.70 (±2.75)         | cd        | 7.90 (±1.04)       | b         | 2.67 (±0.43)    | bc        | 3.03 (±0.14)       | a         | 2.85 (±0.10)    | a         | 6.37 (±0.64)             | b         | 4.88 (±0.26)        | a         |
| <b>CCN-51</b>       | 17.90 (±2.07)         | d         | 8.00 (±0.63)       | ab        | 2.89 (±0.14)    | a         | 2.99 (±0.28)       | a         | 2.80 (±0.14)    | a         | 7.10 (±0.54)             | a         | 4.86 (±0.30)        | a         |
| <b>LR-35</b>        | 15.10 (±1.81)         | e         | 6.90 (±0.70)       | c         | 2.80 (±0.35)    | ab        | 3.04 (±0.10)       | a         | 2.73 (±0.17)    | ab        | 7.10 (±0.70)             | a         | 3.90 (±0.75)        | c         |
| $\bar{X}$           | 18.74                 |           | 7.67               |           | 2.64            |           | 2.93               |           | 2.69            |           | 6.45                     |           | 4.59                |           |
| <b>CV %</b>         | 11.07                 |           | 11.29              |           | 10.93           |           | 13.76              |           | 8.36            |           | 9.33                     |           | 9.03                |           |

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) CV: Coeficiente de variación X: Promedio SD: Desviación estándar.

#### 4.4. Variable del peso de la flor.

En el análisis de la varianza realizado a la variable Peso de la flor (Cuadro 10 del Anexo), presentó diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ).

En el Cuadro 9, se puede observar el contraste de medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, registrados en el peso de la flor en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

Respecto al Cuadro 9, se puede indicar que el clon DICYT 217, registro el promedio más alto del peso de la flor con 0.074 g, respecto a los demás, este promedio fue superior al citado por Mendoza, C. en el 2015 quien obtuvo un valor de 0.063 g. de peso de la flor, de acuerdo con Veliz, B. en el 2015, el promedio fue superior a 0.040 g. de peso de la flor, el clon CCN-51 logró el promedio más bajo del peso de la flor con 0.056. El coeficiente variación fue de 13.72%.

**Cuadro 9.** Promedios estadísticos del peso de la flor en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Clones    | Variable | Peso de la flor (g) |                  |    |
|-----------|----------|---------------------|------------------|----|
|           |          | $\bar{X}$           | SD               |    |
| DICYT 107 |          | 0.0656              | ( $\pm 0.0107$ ) | b  |
| DICYT 119 |          | 0.0652              | ( $\pm 0.0091$ ) | b  |
| DICYT 114 |          | 0.0639              | ( $\pm 0.0089$ ) | bc |
| DICYT 186 |          | 0.0646              | ( $\pm 0.0065$ ) | b  |
| DICYT 217 |          | 0.0749              | ( $\pm 0.0136$ ) | a  |
| CCN-51    |          | 0.0566              | ( $\pm 0.0037$ ) | d  |
| LR-35     |          | 0.0584              | ( $\pm 0.0033$ ) | cd |
| $\bar{X}$ |          | 0.0642              |                  |    |
| CV %      |          | 13.72               |                  |    |

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ) CV: coeficiente de variación X: Promedio SD: Desviación estándar

#### **4.5. Variables del área floral.**

En el Cuadro 10, se puede observar el contraste de medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación, registrados en el área floral en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios.

##### **4.5.1. Numero de flores/cm<sup>2</sup>.**

Para el análisis de la variancia (Cuadro 11 del Anexo), presenta diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), el clon DICYT 119 posee el mayor promedio de número de flores/cm<sup>2</sup> con un valor de 1.65, este promedio fue inferior al registrado por Nosti, J. en 1963, quien indica que los cojines florales contiene 40 a 60 flores, individualmente no significa que el clon sea el que emita más flores por planta, fueron datos registrados periódicamente para obtener promedios de flores/plantas. Ramos, Y., Rivas, G. y Villalta, L. en el 2015, concuerdan con un promedio de 14-48 flores por cojinete floral. El clon DICYT 217 registró un promedio inferior con un índice de 0.57 flores/cm<sup>2</sup>. El coeficiente variación fue de 33.93%.

##### **4.5.2. Numero de flores/planta.**

En el análisis de la variancia (Cuadro 13 del Anexo), presenta diferencias estadísticas entre los clones de cacao según Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), el clon LR-35, demostró el promedio más alto en números de flores/planta con promedio de 4825.80, este promedio concuerda al registrado por Ríos, D. en el 2015, quien registró el promedio de  $4554 \pm 687$  flores semestrales, Noriega, C. en el 2012, registró un promedio superior de 8333 a 12500 flores semestrales por planta, respectivamente que, el clon DICYT 217 adquirió el promedio más bajo de números de flores/planta con un valor de 3372.82. El coeficiente variación fue de 21.15%.

**Cuadro 10.** Promedios estadísticos del área floral en cinco clones de *T. cacao* tipo Nacional y dos tipo Trinitarios, provenientes de la Finca Experimental “La Represa”.

| Clones           | Variables | Numero de flores/cm <sup>2</sup> |           |    | Numero de flores/planta |            |    |
|------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----|-------------------------|------------|----|
|                  |           | $\bar{X}$                        | <i>SD</i> |    | $\bar{X}$               | <i>SD</i>  |    |
| <b>DICYT 107</b> |           | 0.80                             | (±0,24)   | cd | 3697.30                 | (±932.73)  | bc |
| <b>DICYT 119</b> |           | 1.65                             | (±0,50)   | a  | 3898.60                 | (±814.03)  | bc |
| <b>DICYT 114</b> |           | 0.80                             | (±0,26)   | cd | 3825.50                 | (±823.33)  | bc |
| <b>DICYT 186</b> |           | 1.44                             | (±0,26)   | ab | 3569.50                 | (±1075.92) | bc |
| <b>DICYT 217</b> |           | 0.57                             | (±0,17)   | d  | 3372.80                 | (±521.58)  | c  |
| <b>CCN-51</b>    |           | 1.40                             | (±0,57)   | ab | 4304.80                 | (±845.89)  | ab |
| <b>LR-35</b>     |           | 1.11                             | (±0,36)   | bc | 4825.80                 | (±485.23)  | a  |
| $\bar{X}$        |           | 1.11                             |           |    | 3927.75                 |            |    |
| CV %             |           | 33.93                            |           |    | 21.15                   |            |    |

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0.05%) CV: coeficiente de variación  $\bar{X}$ : Promedio *SD*: Desviación estándar

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- ✓ El clon que sobresalió con la mejor auto compatibilidad fue el DICYT 186, y el cruzamiento que se destacó con la mejor compatibilidad cruzada fue el DICYT 114 x LR-35.
- ✓ Las mejores estructuras florales las presentaron los clones: CNN-51 de ascendencia Trinitario y DICYT-C 217 de ascendencia Nacional con los mayores promedios de ancho de sépalo, longitud y ancho de pétalo y longitud de pistilo. Esto permite suponer que un mayor tamaño de flor facilita la fecundación de estos clones ya sea de forma natural o artificial.
- ✓ El clon de *T. cacao* LR-35, se destacó con la mayor cantidad de flores emitidas, respecto a los demás clones.

## 5.2. Recomendaciones

- ✓ Involucrar los clones con excelente compatibilidad genética (auto compatibilidad y compatibilidad cruzada), en programas de mejoramiento genético por selección, evaluando estos clones en parcelas comerciales que permitan demostrar su potencial real bajo la realidad del productor cacaotero.
- ✓ Estudiar genotipos incompatibles en programa de mejoramiento genético basados en cruzamientos simples con otras poblaciones lejanas de caracteres contrastantes que permitan romper dicha incompatibilidad.

## **CAPÍTULO VI**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### 5.1. Trabajos citados.

1. Quintero R. El mercado mundial de cacao. Agroalimentarias. 2003 Enero; 9(18).
2. Asociacion Nacional de Exportadores de cacao. Anecacao. Cacao Nacional. 2016.
3. Navarrete G. Cacao (*Theobroma cacao* L.). MAG. 2011;(8).
4. Schmid P. Analisis de la situacion actual y perspectivas del cacao Ecuatoriano y propuesta de industrializacion local. Quito: Universidad Internacional del Ecuador; 2013.
5. Córdoba C. Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. Agroforesteria en las Américas. 2013; p. 7.
6. Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. FAO. In Principios y avances sobre polinizacion como servicio ambiental para la agricultura sostenible en paises de Latinoamerica y el caribe. Primera ed. Santiago-Chile; 2014.
7. Arciniegas A. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. In. Turrialba - Costa Rica.; 2015. p. 144.
8. Mendoza C. Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipos nacional y trinitario. In. Quevedo- Ecuador.; 2015. p. 86.
9. Arevalo E. Cacao: Manejo Integrado Del Cultivo Y Transferencia De Tecnología En La Amazonia Peruana. In. Chiclayo: Del Castillo; 2004. p. 101.
10. Orozco L. Exportaciones de cacao. Boletín cacao. 2014 Agosto: p. 1.
11. Padilla N. Determinacion de la autocompatibilidad de 21 plantas elites seleccionadas en un ensayo comparativo de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Nicaragua; 2002.
12. Mazeira F. Compatibilidad genética en árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca. In. Quevedo; 2013. p. 53.

13. Aranzazu F, MNyRD. Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao. In.; 2008.
14. Quiroz J, Vera J, Enríquez G. Determinacion de genotipos de compatibilidad de algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Boletín Técnico No. 71. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue; 1992.
15. Cruz D. Sistema de cultivo y compatibilidad del cacao en la zona atlantica de Costa Rica. In. Costa Rica; 2003. p. 112.
16. Chantásig C. Inducción de la embriogénesis somática en clones superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.), con resistencia a enfermedades fungosas. In. Turrialba - Costa Rica.; 2004. p. 97.
17. La Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. [Online].; 2008 [cited 2015 Agosto miercoles 26. Available from: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf).
18. Almeida V. Ecofisiología del árbol del cacao. 2007: p. 425-448.
19. Motamayor J, Risterucci A, Heath M, Lanaud S, Figueira A. Análisis filogenético de *Theobroma* (Sterculiaceae) a partir de Kunitz como inhibidor de tripsina secuencias. In.: Pl. Sist. Evol.; 2005. p. 93-104.
20. Somarriba E, Cerda R, Astorga C, Quesada F, Vásquez N. Reproducción sexual del cacao. In. Costa Rica.; 2010. p. 48.
21. Enriquez G. Cacao organico, guia para productores Ecuatorianos. In INIAP. Quito – Ecuador.: 54; 2004. p. 39-41.
22. Acquaah G. Principios de la Genética Vegetal y cría de ganado. In. EE.UU.: Blackwell Publishing.; 2007. p. 569.

23. Noriega C. Determinación de la habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo nacional seleccionados. In. Santo Domingo – Ecuador.; 2012. p. 91.
24. Basso C, Jauregui D, Melendez L, Paréz J. Cantidad, viabilidad y germinabilidad de los granos de polen de *Carica papaya* L. Facultad de Agronomía. 2006.
25. Borges R, GVyZM. Butterfly pollination and high contrast visual signals in a low density distylous plant. *Oecologia*. 2003; 136.
26. Santos E. Dependencia a lapolinizacion entomófila y relevamiento de los insectos polinizadores en tres cultivos de interés económico para Uruguay. In. Uruguay; 2014. p. 132.
27. Dubbon A, SJ. Manual de produccion de cacao. In. Lima: R Tejada; 2011. p. 208.
28. Quintero M. DK. El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*. 2004 Enero; 9(18).
29. Mendoza A, Gallardo C, Avendaño A. El mundo del cacao (*Theobroma cacao* L) kawa (Maya) cacahuatl (Nahuatl). *Agroproductividad*. 2011; 4(26).
30. Aguirre M, Mendoza A, Cadena J, Avendaño C. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *azospirillum basilense* tarrand, krieg et Döbereiner y *glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*. 2007 Agosto..
31. Quintero M, Díaz K. El mercado mundial de cacao. *Agroalim*. 2004; 18.
32. Avalos A, Porres M, Poll E, Dardon E, Arevalo L, Rosales J. Caracterización agronómica, botánica y molecular de clones de cacao tipo criollo y mejorado de la zona sur de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 2012; 24.
33. Sanvitale P. Il cioccolatoataio: mestiere d'arte. In.; 2005. p. 224.

34. Tinoco A, Yomali D. Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. EIA. 2010 Julio.
35. Nájera C, Martha I. EL Mono y el Cacao: La búsqueda de un mito a través de los relieves del grupo de la serie inicial de Chichén Itzá. 2012.
36. Parra D, Pérez M, Sosa D, Rumbos R, Gutiérrez B, Moya A. Avances en las investigaciones venezolanas sobre enfermedades del cacao. Estudios Transdisciplinarios. 2009 Julio-Diciembre..
37. Gutiérrez B. Estudio agromorfológico y fisicoquímicos de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Ízalo y Nahuilingo en el departamento de Sonsonate de El Salvador. In. El Salvador : Cuscatlán, SV, USMD.; 2011. p. 100.
38. González A. Ontogenia del ovulo y semilla de *Sterculia striata* (Sterculiaceae). 2006; 15: p. 63-77.
39. Rangel M, Zavaleta H, Córdova L, López A, Delgado A, Vidales I, et al. Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollo Mexicano. Fitotecnica Mexicana. 2012 Julio-Septiembre.
40. Bastidas L. Cultivo de cacao en la Republica Dominicana. In. Santo Domingo; 2009. p. 250.
41. Untuña J. Niveles de fertilizacion empleando SUMICOAT II en produccion de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) asociados con Fernansanchez. Quevedo; 2014.
42. Enríquez G. Cacao Orgánico, guia para productores ecuatorianos Quito: INAP; 2010.
43. Tadeo F. Fisiología de las plantas y el estrés. In. España: Mc Graw Hill; 2000. p. 481 – 498.
44. Gomez M. Compatibilidad del patron y metodos de microinjertacion en la propagacion del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 Quevedo; 2015.

45. Pacheco E. Produccion del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 organico a tres distanciamientos en un sistema triangular de doble hilera. Los Rios, 2014. Quevedo; 2015.
46. Veliz B. Auto-compatibilidad genetica y calidad fisica de almendra en veinte hibridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.). In. Quevedo; 2015.
47. Arciniegas A. Caracterizacion de arboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genetico CATIE. In. Turrialba; 2005. p. 144.
48. Angulo F. Evaluacion de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivos Nacional. In. Riobamba; 2009. p. 99.
49. Phillips W, Arciniegas L, Mata A. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. In. Costa Rica; 2012. p. 70.
50. Barrón P, Azpeitia A, López A, Mirafuentes F. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2014 Junio-Agosto.
51. Oliva C, Benito J, Acuña R, Bocanegra A, Baltazar J. Estimación de la repetitividad y selección genética de árboles de cacao aromático con material genético de EE-INIA-San Martin y de la UC de Lebuaf, en Perú. Scientia Agropecuaria. 2014; 5(1).
52. López O. Características del fruto del germoplasma de cacao, (*Theobroma cacao* L.), seleccionado en Rosario Izapa, Chiapas. Agric. Téc. Méx. 1995; 2(21).
53. Sanchez F, Zambrano J, Vera J, Ramos R, Garces F, Vasconez G. Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo Tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. Ciencia y Tecnología. 2004 Enero-Junio; 7(1).
54. López M. Informe de Consultoría sobre el Cultivo de Cacao. Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria., Consultoría de Cacao BM/INTA.; 2004.

55. Chopra V. Mejoramiento de Plantas. La teoría y la práctica. In. Nueva Delhi, Calcuta.: Oxford & IBH Publishing Co.Tte. Ltd.; 2000. p. 490.
56. Cubero J. Introducción a la mejora genética vegetal. Segunda. ed. Madrid: Mundi-Prensa.; 2003.
57. Huaranga A, Huanuqueño E. Manual de prácticas de fitomejoramiento general. , Fitotecnia.; 2011.
58. Quinaluisa C. Estudio de la compatibilidad de árboles seleccionados por productividad y sanidad en un grupo de progeneis híbridas provenientes de cruces entre cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y otros orígenes genéticos. In. Quevedo – Ecuador.; 2010. p. 10.
59. Baena LyGN. Obtencion y caracterizacion de fibra dietaría a partir de cascarilla de las semillas tostadas de (*Theobroma cacao* L.) de una industria chocolatera colombiana. Pereira; 2012.
60. Dostert N,RJ,CA,TMyWM. Hoja botanica: Cacao (*Theobroma cacao* L.). Primera ed. Perú: Giacomotti Comunicacion Grafica S.A.C.; 2011.
61. Hardy F. Manual de cacao Turrialba; 1961.
62. Laje O. Evaluacion de la autocompatibilidad en alguno cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional y Trinitario en el Litoral ecuatoriano. 2013.
63. Noriega C. Determinación de la habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo Nacional seleccionados por el INIAP en la Estaciòn Experimental Litoral Sur (EELS). In. Yaguachi; 2012. p. 91.
64. Nosti J. Cacao, cafe y te. 2nd ed. Salvat , editor.; 1963.
65. Pacheco E. Producción del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 organico a tres distaciamientos en un sistema triangular de doble hilera. In. Quevedo; 2015. p. 50.

66. Peña G. Caracterización morfológica de 57 secciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Pichilingue. In. Quevedo; 2003.
67. Ramos Y, RGyVL. Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. El Salvador; 2015.
68. Ríos D. Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma Cacao* L. In. Quito; 2015. p. 171.
69. Rondón JyCL. Revisión taxonómica de género *Theobroma cacao* L. (sterculiaceae). Redalyc. 2005 Mayo; 28(1).
70. Villegas R, AC. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni. In. Bolivia; 2005.
71. Zapata R, AM. Planta ecológica de la reproducción de un bosque secundario deciduo en Venezuela. Biotropica. 2004; 10(3).
72. Zambrano J. Caracterización fenológica de 67 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y otros orígenes en la colección de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP. 2000.
73. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INIAP. 2015.
74. Statistical Analysis System. SAS. In User's Guide; Statistics (Version 9.3.1). Carolina del Norte: Institute Inc Cary; 2006.
75. Ruiz Z, Arroyo M. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous forest in Venezuela. Biopatria. 1978; 10.
76. Escobar R. Comportamiento de seis clones de "cacao" (*Theobroma cacao* L.) en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador. La Granja. 2008; I(9).

77. Arciniegas A. Caraterizacion de arboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genetico de Catie. In.; 2005. p. 144.
78. Cuéllar G, Guerrero A. Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao* L. MVZ Córdoba. 2012 Septiembre-Diciembre.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

## 6.1. Anexos

**Anexo 1.** Análisis de varianza de la variable: auto compatibilidad en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| Fuente de variation | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F. Calculada | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------|
| Tratamiento         | 6                  | 3.3619            | 0.5603           | 3.27 *       | 0.0043 |
| Error               | 203                | 34.7333           | 0.1711           |              |        |
| Total               | 209                | 38.0952           |                  |              |        |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 2.** Análisis de varianza de la variable: compatibilidad cruzada en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| Fuente de variation | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F. Calculada | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------|
| Tratamiento         | 20                 | 19.2413           | 0.9621           | 4.47**       | 0.0001 |
| Error               | 609                | 131.1333          | 0.2153           |              |        |
| Total               | 629                | 150.3746          |                  |              |        |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 3.** Análisis de varianza de la variable: longitud del pedúnculo en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| Fuente de variation | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F. Calculada | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------|
| Tratamiento         | 6                  | 1149.4857         | 191.5810         | 44.47**      | 0.0001 |
| Error               | 273                | 1176.0000         | 4.3077           |              |        |
| Total               | 279                | 2325.4857         |                  |              |        |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 4.** Análisis de varianza de la variable: longitud del sépalos en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| Fuente de variation | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F. Calculada | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------|
| Tratamiento         | 6                  | 95.2194           | 15.8699          | 21.17**      | 0.000  |
| Error               | 273                | 204.6240          | 0.7495           |              |        |
| Total               | 279                | 299.8434          |                  |              |        |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 5.** Análisis de varianza de la variable: ancho de sépalo en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 7.7097                   | 1.2810                  | 15.34**             | 0.0001           |
| Error                      | 273                       | 22.8640                  | 0.08375                 |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 30.5737                  |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 6.** Análisis de varianza de la variable: longitud de pétalo en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 3.0560                   | 0.5093                  | 3.13**              | 0.0055           |
| Error                      | 273                       | 44.4120                  | 0.1626                  |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 47.4680                  |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 7.** Análisis de varianza de la variable: ancho de pétalo en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 8.3108                   | 1.3851                  | 27.24**             | 0.0001           |
| Error                      | 273                       | 13.8840                  | 0.0508                  |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 22.1948                  |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 8.** Análisis de varianza de la variable: longitud de estaminoide en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 94.0708                  | 15.6785                 | 43.23**             | 0.0001           |
| Error                      | 273                       | 99.0200                  | 0.3627                  |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 193.0908                 |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 9.** Análisis de varianza de la variable: longitud de pistilo en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 33.3737                  | 5.5623                  | 32.41**             | 0.0001           |
| Error                      | 273                       | 46.8600                  | 0.1716                  |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 80.2337                  |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 10.** Análisis de varianza de la variable: peso de la flor en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 0.0084                   | 0.0014                  | 18.07**             | 0.0001           |
| Error                      | 273                       | 0.0212                   | 0.0000                  |                     |                  |
| Total                      | 279                       | 0.0296                   |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 11.** Análisis de varianza de la variable: flores/cm<sup>2</sup> en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 19.5072                  | 3.2512                  | 22.89 **            | 0.0001           |
| Error                      | 133                       | 18.8894                  | 0.1420                  |                     |                  |
| Total                      | 139                       | 38.3966                  |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 12.** Análisis de varianza de la variable: flores/planta en cinco clones de *T. cacao*, Tipo Nacional y dos Trinitarios en la Finca Experimental “LA REPRESA”.

| <b>Fuente de variation</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F. Calculada</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamiento                | 6                         | 28988429.7               | 4831405.0               | 7.00 **             | 0.0001           |
| Error                      | 133                       | 91822968.0               | 690398.3                |                     |                  |
| Total                      | 139                       | 120811397.7              |                         |                     |                  |

NS No significativo \*Significativo  $P \leq 0.05$  \*\*Significativo  $P \leq 0.01$

**Anexo 13.** Matriz del Marco Lógico.

| Jerarquía de Objetivos                                                                                                                                                                          | Línea de Base                                         | Definición del Indicador                                                      | Fuentes de Verificación                                                                                                                                      | Supuestos                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Fin</b>                                                                                                                                                                                      |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                                              |                                                                     |
| Seleccionar, al menos un clon de <i>Theobroma cacao</i> , tipo Nacional y trinitario, que presente una alta eficacia reproductiva.                                                              | 7 clones identificados por sus atributos productivos. | Número de clones con alta eficacia reproductiva.                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informes técnicos</li> <li>✓ Fotografías</li> <li>✓ Visita al campo</li> </ul>                                      | Todos los clones de cacao tendrán una alta eficiencia reproductiva. |
| <b>Objetivo general</b>                                                                                                                                                                         |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                                              |                                                                     |
| Analizar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) tipo Nacional y dos tipo Trinitario en la Finca Experimental “La Represa”. | Baja producción en las huertas cacaoteras.            | Factores genéticos que influyen en la polinización.<br>1 Artículo científico. | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informes técnicos</li> <li>✓ Fotografías</li> <li>✓ Registros de polinización</li> <li>✓ Visita al campo</li> </ul> | Condiciones climáticas idóneas para el establecimiento de ensayos.  |

| Objetivos específicos 1                                                                             |                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                                              |                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Determinar el índice de auto compatibilidad y compatibilidad cruzada en clones de <i>T. cacao</i> . | Sistema sexual alógamo y autocompatible en diferentes genotipos de <i>T. cacao</i> | Auto-compatibilidad, auto-incompatibilidad y compatibilidad cruzada. | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informes técnicos</li> <li>✓ Fotografías</li> <li>✓ Registros de polinización</li> <li>✓ Visita al campo</li> </ul> | Alta eficacia reproductiva de los clones de cacao. |
| Objetivos específicos 2                                                                             |                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                                              |                                                    |
| Caracterizar la estructura floral de los clones de <i>T. cacao</i> .                                | Falta de conocimiento de las partes de la flor.                                    | Clones caracterizados por su morfología floral.                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías</li> <li>✓ Visita al laboratorio</li> </ul>                                                             | Presencia de flores en los clones de cacao.        |
| Objetivos específicos 3                                                                             |                                                                                    |                                                                      |                                                                                                                                                              |                                                    |
| Cuantificar la cantidad de flores emitidas por planta.                                              | Ausencia de criterios de protección de flores.                                     | Clones caracterizados por la cantidad de flores por planta.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías</li> <li>✓ Visita al campo</li> </ul>                                                                   | Presencia de flores en los clones de cacao.        |

**Anexo 14.** Cronograma de actividades del proyecto de investigación.

| <b>Actividades</b>                                      | <b>Meses 2015 - 2016</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                                         | <b>Sep</b>               | <b>Oct</b> | <b>Nov</b> | <b>Dic</b> | <b>Ene</b> | <b>Feb</b> | <b>Mar</b> | <b>Abr</b> | <b>May</b> | <b>Jun</b> |
| Recuperación de progenies (clones)                      | X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Elaboración y aprobación del proyecto de investigación. | X                        | X          |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Identificación de los clones de cacao                   | X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Corona en las plantas de cacao                          | X                        |            | X          |            | X          |            |            |            |            |            |
| Poda en las plantas de cacao                            | X                        |            | X          |            | X          |            |            |            |            |            |
| Fertilización de los clones de cacao                    | X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Etiquetado de los tratamientos                          | X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Marcación de área floral de la planta                   | X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Cruzamientos dialelicos                                 | X                        | X          | X          | X          | X          | X          | X          |            |            |            |
| Tabulación y análisis de datos                          |                          |            |            |            |            |            |            | X          |            |            |
| Redacción del documento final                           |                          |            |            |            |            |            |            |            | X          |            |
| Sustentación de tesis                                   |                          |            |            |            |            |            |            |            |            | X          |

**Anexo 15.** Presupuesto estimado para seis meses de duración de la investigación.

| <b>Cantidad</b> | <b>Detalles</b>     | <b>V. Unitario</b> | <b>Valor</b>  |
|-----------------|---------------------|--------------------|---------------|
| 150             | Tubos eppendorf     | 0.15               | 22.15         |
| 1               | Pinza               | 3.50               | 3.50          |
| 6               | Etiquetas plásticas | 0.30               | 1.80          |
| 1               | Libreta de campo    | 2.00               | 2.00          |
| 10              | Plastilina          | 1.80               | 18            |
| 3               | Alfileres (caja)    | 0.60               | 1.80          |
| 150             | Movilización        | 1.00               | 150           |
| 2               | Lápices             | 0.60               | 1.20          |
| 1               | Borrador            | 0.30               | 0.30          |
| 1               | Lamina transparente | 4.50               | 4.50          |
| 4               | Marcadores          | 1.00               | 4.00          |
| <b>Total</b>    |                     |                    | <b>209.25</b> |

### 7.1. Imágenes del proyecto de investigación.



**Figura 1.** Recuperación de clones con labores fitosanitarias, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 2.** Selección de cojinetes, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 3.** Tapado de flores de cacao, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 4.** Polinización manual o controlada en flores de cacao, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 5.** Tapado de flores después de la polinización manual, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 6.** Confirmación de fecundación de flores, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



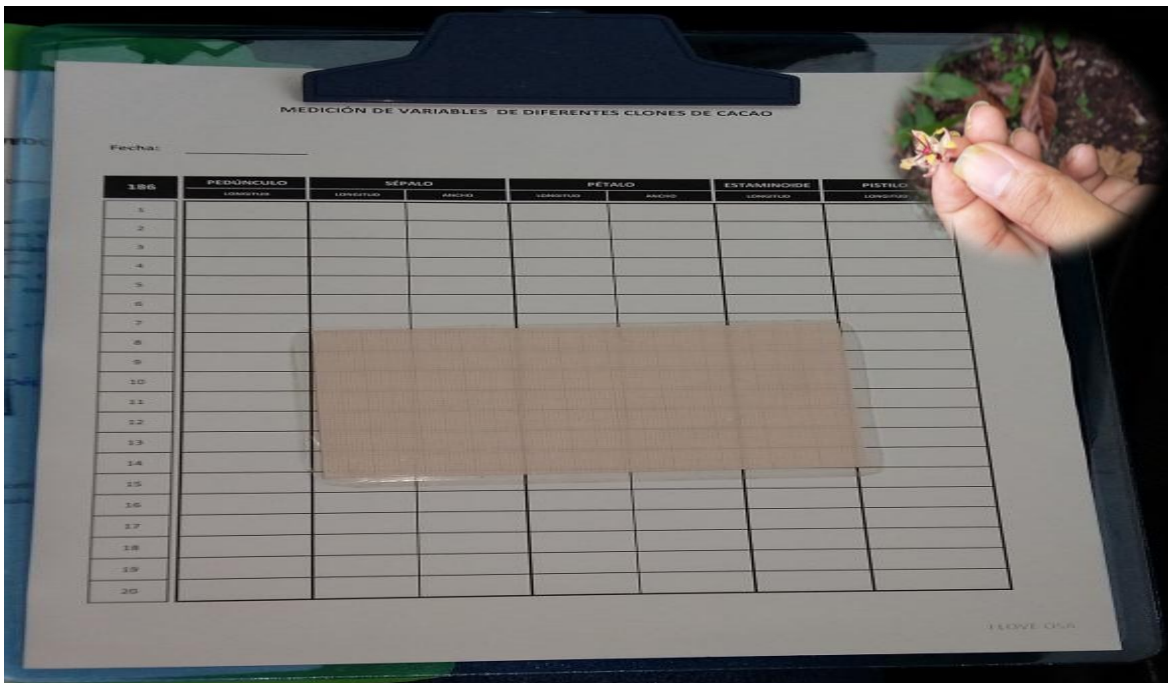
**Figura 7.** Conteo de flores previo a la marcación de la superficie del tallo, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 8.** Mediciones de los árboles de cacao, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo Los Ríos, 2015.



**Figura 9.** Pesado de las flores de cacao en el laboratorio de bromatología, en la Finca “La María” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.



**Figura 10.** Mediciones de las diferentes partes de la flor, en la Finca “La Represa” UTEQ, Quevedo, Los Ríos, 2015.