



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“AUTO-COMPATIBILIDAD GENÉTICA Y CALIDAD FÍSICA DE ALMENDRA  
EN VEINTE HÍBRIDOS INTERCLONALES DE CACAO (*Theobroma cacao*  
L.).”

**AUTOR:**

BRYAN MANUEL VÉLIZ APOLO

**DIRECTOR:**

Ing. Agrop. M.Sc. JAIME VERA CHANG

**QUEVEDO LOS RÍOS ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN AGOPECUARIO**

**TEMA**

“AUTO-COMPATIBILIDAD GENÉTICA Y CALIDAD FÍSICA DE ALMENDRA  
EN VEINTE HÍBRIDOS INTERCLONALES DE CACAO (*Theobroma cacao*  
L.).”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agropecuario

Aprobado:

---

Ing. Agr. M. C. Diana Véliz Zamora.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Agr. M. Sc. Rommel Ramos Remache.      Ing. Agr. M. Sc. Orly Cevallos Falquez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**                      **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

QUEVEDO – ECUADOR

2015

## **CERTIFICACIÓN**

El suscrito ING. AGROP. M.Sc. JAIME VERA CHANG., certifico que:

La tesis de grado titulada “**AUTO-COMPATIBILIDAD GENÉTICA Y CALIDAD FÍSICA DE ALMENDRA EN VEINTE HÍBRIDOS INTERCLONALES DE CACAO** (Theobroma cacao L.)” realizada por el estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria BRYAN MANUEL VELIZ APOLO, ha sido analizada mediante la herramienta URKUND y presentó resultados satisfactorios.

---

ING. AGROP. M.Sc. JAIME VERA CHANG  
**DIRECTOR DE TESIS DE GRADO**

LOS RESULTADOS DE LA PRESENTE INVESTIGACION ES  
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Quevedo, 15 de Mayo del 2015

**BRYAN MANUEL VELIZ APOLO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios ya que fue el quien me brindo una madre incondicional, unos hermanos maravillosos, unos amigos extraordinarios Hector Chevez y Álvaro Armijo quienes estuvieron ahí durante todo el transcurso de mi tesis, también agradezco a mi tutor el Ing. Agrop. M.Sc. Jaime Vera Chang quien me brindo el apoyo y me dio la oportunidad y la confianza para realizar mi tesis, a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me abrió las puertas de su institución.

También agradezco a la Señora Isabel Cedillo a su esposo Raúl Gómez y sus hijos Mariuxy y Nestor Gómez que gracias a su apoyo puede concluir con mis estudios y realizar mi tesis con éxito.

**BRYAN MANUE VELIZ APOLO**

## **DEDICATORIA**

Hay personas maravillosas que en todo momento están junto a nosotros, es por ello que debo dedicar este logro a quienes en todo momento llenaron de amor, fe, esperanza y apoyo:

A Dios por habernos brindado la oportunidad de vivir y llenar de bendiciones todas las etapas de mi vida.

A mi madre Mariana Apolo por ser el pilar fundamental de mi vida quien con sacrificio, entrega y amor me brindó su apoyo incondicional.

A mis hermanos Cristhian, Bryan y Wilmer por su constante apoyo para concluir este importante anhelo.

En especial a mis hijos queridos Ashley y Mathias por ser mi inspiración y motor de mi vida para poder culminar un sueño más que es terminar mi carrera profesional.

**BRYAN VELIZ**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AGRADECIMIENTO.....                                                                  | v   |
| DEDICATORIA .....                                                                    | vi  |
| RESUMEN .....                                                                        | xiv |
| SUMMARY .....                                                                        | xv  |
| CAPÍTULO I                                                                           |     |
| 1. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN .....                                        | 1   |
| 1.1. Introducción .....                                                              | 2   |
| 1.2. Problematicación .....                                                          | 3   |
| 1.3. Justificación .....                                                             | 3   |
| 1.4. Hipótesis .....                                                                 | 4   |
| 1.5. Objetivos .....                                                                 | 4   |
| 1.5.1. General .....                                                                 | 4   |
| 1.5.2. Específicos .....                                                             | 4   |
| CAPÍTULO II                                                                          |     |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                                      | 5   |
| 2.1. Marco Teórico.....                                                              | 6   |
| 2.1.1. Grupos genéticos del cacao.....                                               | 6   |
| 2.1.1.1. Criollo.....                                                                | 6   |
| 2.1.1.2. Forastero .....                                                             | 6   |
| 2.1.1.3. Trinitarios.....                                                            | 7   |
| 2.1.2. Clasificación comercial del cacao .....                                       | 7   |
| 2.1.3. Híbridos internacionales .....                                                | 8   |
| 2.1.4. Mejoramiento genético.....                                                    | 8   |
| 2.1.5. Botánica de la flor y fruto .....                                             | 9   |
| 2.1.5.1. La flor .....                                                               | 9   |
| 2.1.5.2. El fruto .....                                                              | 10  |
| 2.1.6. Polinización en el cultivo de cacao .....                                     | 11  |
| 2.1.6.1. La polinización natural en el cacao.....                                    | 12  |
| 2.1.6.2. Métodos conocidos de polinización artificial.....                           | 12  |
| 2.1.6.3. Factores que pueden afectar la diversidad y abundancia de polinizadores.... | 13  |
| 2.1.7. La intercompatibilidad sexual en el cacao .....                               | 13  |
| 2.1.8. Incompatibilidad .....                                                        | 13  |
| 2.1.9. La calidad en el cacao .....                                                  | 15  |
| 2.1.9.1. Cosecha .....                                                               | 15  |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.9.2. Procesos de pos cosecha en el cacao.....                       | 16 |
| 2.1.9.2.1.Fermentación .....                                            | 17 |
| 2.1.9.2.2.Secado .....                                                  | 18 |
| 2.1.9.3. Calidad física en el cacao.....                                | 19 |
| 2.1.9.5. Factores que determinan la calidad del cacao.....              | 21 |
| CAPÍTULO III                                                            |    |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                            | 22 |
| 3.1. Localización .....                                                 | 23 |
| 3.1.1. Características Agro-climatológicas del Lugar Experimental ..... | 23 |
| 3.2. Material Genético.....                                             | 23 |
| 3.3. Herramientas Utilizadas.....                                       | 25 |
| 3.4. Técnicas de Autopolinización .....                                 | 25 |
| 3.5. Número e Identificación de Flores .....                            | 25 |
| 3.6. Diseño Experimental .....                                          | 26 |
| 3.7. Variables a Evaluadas .....                                        | 27 |
| 3.7.1. Autopolinización y morfología floral .....                       | 27 |
| 3.7.1.1. Autopolinización (%).....                                      | 27 |
| 3.7.1.2. Tamaño de la flor (cm).....                                    | 27 |
| 3.7.1.3. Peso de la Flor (mg).....                                      | 27 |
| 3.7.1.4. Largo del sépalo (mm) .....                                    | 27 |
| 3.7.1.5. Ancho del sépalo (mm).....                                     | 27 |
| 3.7.1.6. Largo del pétalo (mm) .....                                    | 27 |
| 3.7.1.7. Ancho del pétalo (mm).....                                     | 27 |
| 3.7.1.8. Diámetro del pedúnculo (mm) .....                              | 28 |
| 3.7.2. Calidad física de almendra .....                                 | 28 |
| 3.7.2.1. Índice de semillas (IS).....                                   | 28 |
| 3.7.2.2. Número de almendras en 100 g.....                              | 28 |
| 3.7.2.3. Porcentaje de testa (PT).....                                  | 28 |
| 3.7.2.4. Índice de mazorcas (IM) .....                                  | 29 |
| 3.7.2.5. Largo y ancho de almendra (cm) .....                           | 29 |
| 3.7.3. Prueba de corte.....                                             | 29 |
| 3.7.3.1. Porcentaje de fermentación (PF) .....                          | 29 |
| 3.8. Manejo del Experimento .....                                       | 29 |
| 3.8.1. Poda de mantenimiento.....                                       | 29 |
| 3.8.2. Fertilización.....                                               | 29 |



|                 |                                               |    |
|-----------------|-----------------------------------------------|----|
| 3.8.3.          | Control de malezas.....                       | 30 |
| 3.8.4.          | Cosecha .....                                 | 30 |
| 3.8.5.          | Fermentación y secado .....                   | 30 |
| CAPÍTULO IV     |                                               |    |
| 4.              | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                  | 31 |
| 4.1.            | Autopolinización (%) .....                    | 32 |
| 4.2.            | Morfología de la Flor .....                   | 34 |
| 4.2.1.          | Tamaño de la flor (cm) .....                  | 34 |
| 4.2.2.          | Peso de la flor (mg).....                     | 34 |
| 4.2.3.          | Largo de sépalo (mm) .....                    | 34 |
| 4.2.4.          | Ancho del sépalo (mm) .....                   | 35 |
| 4.2.5.          | Largo del pétalo (mm) .....                   | 35 |
| 4.2.6.          | Ancho del pétalo (mm) .....                   | 35 |
| 4.2.7.          | Largo del pedúnculo (mm).....                 | 36 |
| 4.3.            | Índices de Calidad Física de la Almendra..... | 38 |
| 4.3.1.          | Índice de semilla (g).....                    | 38 |
| 4.3.2.          | Numero de almendras en 100g (unid) .....      | 38 |
| 4.3.3.          | Porcentaje de testa (%).....                  | 39 |
| 4.3.4.          | Índice de mazorca.....                        | 39 |
| 4.3.5.          | Largo y ancho de almendras (cm).....          | 40 |
| 4.4.            | Prueba de Corte (%).....                      | 42 |
| 4.4.1.          | Peso de 100 almendras (g) .....               | 42 |
| 4.4.2.          | Buena fermentación (%) .....                  | 42 |
| 4.4.3.          | Mediana fermentación (%).....                 | 43 |
| 4.4.4.          | Fermentación total (%) .....                  | 43 |
| 4.4.5.          | Violetas (%).....                             | 44 |
| 4.4.6.          | Pizarras (%).....                             | 44 |
| 4.4.7.          | Almendras con otros daños (%).....            | 45 |
| CAPÍTULO V..... |                                               |    |
| 5.              | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....           | 47 |
| 5.1.            | Conclusiones.....                             | 48 |
| 5.2.            | Recomendaciones .....                         | 49 |
| CAPÍTULO VI     |                                               |    |
| 6.              | LITERATURA CITADA .....                       | 50 |
| CAPÍTULO VII.   |                                               |    |

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 7.   | ANEXOS .....            | 59 |
| 7.1. | Cuadros de Anexo .....  | 60 |
| 7.2. | Figuras del Anexo ..... | 62 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Páginas |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Requisitos de calidad INEN del cacao arriba y del clon CCN-51 beneficiados (Anecacao, 2013).....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 20      |
| 2. Valores diarioa Obtubre 2014.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 23      |
| 3. Híbridos inter-clónales seleccionados en la obtención de híbridos de la Finca Experimental “La Represa” 2015.....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 24      |
| 4. Esquema del analisis de varianza.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 26      |
| 5. Promedios estadísticos del porcentaje de polinización (flores no fecundadas; flores fecundadas; %P: porcentaje de polinización) de 20 híbridos interclonales de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) provenientes de la Finca Experimental La Represa“. FCP. UTEQ. 2015.....                                                                                                          | 33      |
| 6. Promedios estadísticos de la morfología de la flor (TF: tamaño de flor; PF: peso de flor; LS: largo del sépalo; AS: ancho del sépalo; LP: largo del pétalo; AP: ancho del pétalo; LPe: largo del pedúnculo) presentes en 20 híbridos interclonales de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) provenientes de la finca experimental la represa“. FCP. UTEQ. 2015.....                    | 37      |
| 7. Promedios estadísticos de los índices de calidad física (IS: índice de semilla, NA100g: número de almendras en 100 gramos; %T: porcentaje de almendras; IM: índice de mazorca; LA: largo de almendra; AA: ancho de almendra) de almendras de 20 híbridos interclonales de cacao ( <i>theobroma acao</i> l.) provenientes de la finca experimental la represa“. fcp. uteq. 2015..... | 41      |
| 8. Promedios estadísticos de la prueba de corte (p.100 alm: peso de cien almendras; bf: buena fermentación; ft: fermentación total; violeta, pizarra; hongo; insectos; arriba) en almendras de 20 híbridos interclonales de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) provenientes de la finca experimental la represa“. FCP. UTEQ. 2015.....                                                 | 46      |

## CUADROS DEL ANEXO

| Cuadros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Páginas |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Análisis de varianza para las variables de Auto-compatibilidad y Calidad física de la almendra (%P: Porcentaje de polinización; IS: Índice de semilla, NA100g: Numero de almendras en 100 gramos; %T: Porcentaje de almendras; IM: Índice de mazorca; LA: La de almendra; AA: Ancho de almendra) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Finca Experimental "La Represa" FCP. UTEQ. 2015..... | 60      |
| 2. Análisis de varianza para las variables de morfología de la flor (TF: tamaño de la flor; PF: peso de la flor; LS: largo de sépalo; AS: ancho de sépalo; LP: largo de pétalo; AP: ancho de pétalo; TP: tamaño de pedúnculo) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Finca Experimental "La Represa" FCP. UTEQ. 2015.....                                                                       | 60      |
| 3. Análisis de varianza de las variables de prueba de corte (P100alm: peso de 100 almendras; BF: buena fermentación; MF: mediana fermentación; TF: total de fermentación; violeta; pizarra; hongo; insectos) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Finca Experimental "La Represa. FCP. UTEQ. 2015.....                                                                                        | 61      |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

| Gráficos | Páginas                                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Tapado de los botones florales para previos a la polinización, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 62 |
| 2.       | Polinización controla de híbridos de cacao, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 62                    |
| 3.       | Flor fecundada a los 7 días de la polinización, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.... 63                 |
| 4.       | Cosecha de los materiales, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 63                                     |
| 5.       | Pesado de los frutos para obtención de muestras, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 64               |
| 6.       | Fermentado de las muestras cosechadas, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.... 64                          |
| 7.       | Pesado de las cascarillas, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 65                                     |
| 8.       | Descascarillado de almendras para las pruebas de % de testa, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015..... 65   |

## RESUMEN

El presente investigación se realizó en la Finca Experimental “La Represa”, en el cual se empleó un diseño completamente al azar, como tratamientos se considerara 20 híbridos más un testigo comercial JHVH-10, con tres repeticiones, cada unidad experimental estará constituida por cinco flores, y para determinar diferencias entre medias de los tratamientos se empleara la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), con el fin de determinar la Auto-compatibilidad, la morfología de la flor y la calidad física pos-cosecha de las almendras de estos nuevos materiales, para la variable de porcentaje de polinización sobresalió el T5 con el 60 % de flores fecundadas, igualando el porcentaje del clon padre LR14; para las variables de morfología de la flor sobresalieron el T15 y T14 registrando un mayor tamaño 1,95 y 1,92 cm respectivamente, siendo esto relacionado directamente con las demás variables ya que a mayor tamaño de flor mayor será el peso, largo y ancho de pétalo y sépalo y largo de pedúnculo; entre las variables de calidad física de la almendra se encontró que el T5 registro el IM más alto 1,41 g, el T3 obtuvo el menor NA 100g con 67 unid, en el %T sobresalió el T10 con un 7,97 %, en el IM el T1 presento el menor número de mazorcas con 18,81 unid, en el LA el T9 logro un tamaño de 2,47 cm y para el AA el T1 registro un ancho de 1,32 cm; mientras que para la prueba de corte el T15 entro en la categoría de calificación comercial A.S.S.P.S. que es la más alta con un 91 % del total de fermentación.

Palabras claves: Cacao, auto-compatibilidad, híbridos, calidad física de almendra, material genético.

## SUMMARY

The present research was carried out on the Experimental Farm "The dam", which was used a completely randomized design, as treatments deemed 20 hybrids more a commercial witness JHVH-10, with three replicates, each experimental unit will be made up of five flowers, and to determine differences among treatment means the test of Tukey ( $P \leq 0.05$ ), be used in order to determine the Auto-compatibilidad the morphology of the flower and the physical quality post harvest of almonds of these new materials, for the variable of percentage of pollination excelled the T5 with the 60's flowers fertilized, matching the percentage of clone father LR14. Flower morphology variables stood out the T15 and T14 registering a larger 1.95 and 1.92 cm respectively, feel this directly related with the other variables already larger greater flower will be the weight, length and width of the petal and sepal and long-stalked; among the variables of physical quality of almond was found that the T5 log the IM highest 1.41 g, T3 obtained the lower NA 100g 67 units, the t stood out the T10 with a 7.97, the IM T1 present fewer ears with 18.81 units, in the the the T9 achievement 2.47 cm in size and for AA T1 record 1.32 cm wide; while cutting the T15 test entered in the category of commercial A.S.S.P.S. rating which is the highest with a 91 total of fermentation.

Key words: cocoa, auto-compatibilidad, hybrids, genetic physical almond, material quality.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**



### 1.1. Introducción

El cacao proviene trópico de América, su nombre científico es *Theobroma cacao* L. cuyo nombre refleja la naturaleza de esta bebida con la que se elabora una bebida única en la que el sabor amargo predomina en nuestro paladar y produce un placer que lleva al deseo. El cacao en si crece en gran parte de América tropical y ecuatorial, pero es en Mesoamérica donde se puede comprobar como una bebida ya lograda (Triviño, 2013).

El mercado mundial de cacao en grano posee dos extensas categorías: el cacao fino de aroma y el cacao común u ordinario, aproximadamente el 95% de la producción mundial es de cacao común, proveniente en su mayoría de Asia, África, América Central y del Sur, el resto de la producción es decir el 5%, es correspondiente al cacao fino de aroma el cual es producido en Indonesia, Colombia, Venezuela, Ecuador, Trinidad y Tobago, entre otros (Gonzales, 2011).

El cacao es una planta nativa de América tropical, con su centro de origen probablemente situado al noreste de Sudamérica. Su historia se remonta al tercer milenio antes de Cristo. Las aéreas donde mayormente se sembró cacao en Ecuador fueron en los cantones de Vinces, Babahoyo, Palenque, Baba, Pueblo Viejo, Catarama y Ventanas de la Provincia de los Ríos; en Naranjal, Balao y Tenguel en la Provincia del Guayas y en Machala y Santa Rosa en la Provincia del Oro (Torres, 2012).

El cultivo de cacao es tradicional en el Ecuador desde la época de la Colonia. La cadena de valor del cacao, es actualmente la tercera más relevante después del banano y las flores, la producción en el 2005 fue de 115.000 Toneladas, con ventas de alrededor de 170 millones de dólares. Genera empleo para cerca de 100.000 familias de pequeños productores ecuatorianos y otras 20.000 familias en el resto de la cadena de valor, lo que equivale a una influencia directa sobre 600.000 personas. El país es el primer productor mundial de cacao fino y de aroma (produce más del 60% de la producción mundial), utilizado en la fabricación de chocolates de alta calidad (Rodriguez, 2006).

## **1.2. Problematización**

Existe poca información sobre la incompatibilidad genética en híbridos interclonales desarrollados por la UTEQ, ya que la genética de las variedades Trinitario (madre) por Nacional (Padres) permita relacionar el carácter de la baja producción del cacao Nacional.

Promoviendo la renovación y ampliación de la frontera agrícola con cacao Trinitario, en el marco de nuevos proyectos de desarrollo vinculados al cultivo. El escaso rendimiento de las huertas tradicionales sembradas con cacao Nacional, se debe a que están asociado a la incompatibilidad siendo esto una barrera genética responsable de la baja producción a esto se suma el ataque de las enfermedades principalmente monilia, escoba de bruja y mal de machete, lo que afecta al actualmente cultivo de cacao en huertas, como también material de dudosa procedencia proveniente de semillas de polinización libre obtenidas en la misma finca o traídas de otros sectores sin garantía del material obtenido. Además, otro de los problemas es que no existe información sobre los parámetro físicos de calidad de estos nuevos híbridos experimentales y poder identificar los principales parámetros de calidad física de las almendras acorde a las NTE-INEN 175-176, contribuyendo así a solucionar los problemas del sector como es el los bajo rendimiento asociados a las autocaompatibilidad y a la calidad de la almendra.

## **1.3. Justificación**

Para contribuir a resolver estas dificultades, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) a través del Programa de Investigación de Cacao ha unificado esfuerzos desde el 2010, mediante la selección de progenies altamente productivas, tolerantes a enfermedades buena adaptación agronómica, centrándose en la obtención de híbridos interclonales, y poder generar nueva información sobre la incompatibilidad de estos materiales.

Otro propósito es tener información de la calidad del grano de los híbridos mejorados de alto rendimiento. El proyecto, se desarrollará en base a un importante germoplasma colectado de árboles padre seleccionados en la Finca Experimental “La Buseta”, que se encuentra ubicada en la parroquia Tenguel, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

#### **1.4. Hipótesis**

- **H<sub>a</sub>:** Al menos uno de los híbridos presentará el mayor porcentaje de autocompatibilidad genética.
- **H<sub>a</sub>:** Al menos uno de los híbridos presentará la mejor calidad física en almendra fermentada y seca para la industria.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. General**

- Evaluar auto-compatibilidad genética y la calidad física de la almendra de veinte híbridos interclonales de cacao en la Finca Experimental “La Represa”

##### **1.5.2. Específicos**

- Evaluar la auto compatibilidad genética en veinte híbridos internacionales de cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Determinar los principales parámetros de la calidad física de la almendra en híbridos interclonales de cacao experimentales en época seca.

**CAPÍTULO II**  
**2. REVISIÓN DE LITERATURA**

## **2.1. Marco Teórico**

### **2.1.1. Grupos genéticos del cacao**

Una vez hechas las referencias botánicas básicas, el cacao (*Theobroma cacao* L.) como fruto del cacaotero y materia prima de lo que será el chocolate y otros derivados, se distinguen tres bases genéticas: el cacao criollo, el forastero y el trinitario (Arpide, 2007).

#### **2.1.1.1. Criollo**

Llamado de esta manera por los conquistadores españoles al cacao cultivado en esa época en Venezuela; las características fenotípicas de este grupo son mazorca cilíndrica, con 10 surcos profundos simples o en cinco pares, cascara rugosa, delgado o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin constricción en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca inmadura puede variar del verde al rojo según Soria 1996 citado por (Peña, 2003).

Crecen bajo condiciones semi-silvestre y se distribuyen desde México hasta Colombia y Venezuela. Son árboles poco vigorosos, de lento crecimiento y más susceptibles a las enfermedades e insectos que los *Forasteros*, y se caracterizan por su alta diversidad morfológica. El fruto (Figura. 7a), es de forma variable (los hay alargados, amelonados y cundeamor), con un ápice acuminado; de superficie lisa o rugosa; las mazorcas son rojas o verde al estado inmaduro y tienen un pericarpio ligeramente lignificado (Garcia, 2008).

#### **2.1.1.2. Forastero**

Los cacaos forasteros, conocidos también como cacaos Amazónicos y/o amargos son originarios de América del Sur. Su centro de origen es la parte alta de la cuenca del Amazonas en el área comprendida entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá. Esta población es la más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil y proporcionan más del 80 % de la producción mundial (Motamayor *et al.*, 2002).

El cacao forastero es muy variable y se encuentra en forma silvestre en la alta (Perú, Ecuador y Colombia) y baja Amazonia (Brasil, Guyanas y a lo largo del río Orinoco en Venezuela), presenta estaminoides con pigmentación púrpura, mazorcas verdes con más de 30 semillas, de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa (Martinez, 2007).

#### **2.1.1.3. Trinitarios**

Este grupo surgió en Trinidad, una isla en el Océano Atlántico, como resultado del cruzamiento del criollo y del forastero, su calidad es intermedia, abastecen del 10 al 15% de la producción mundial es la variedad de cacao que más se cultiva en América. Presentan diferentes sabores, usualmente con sabor a frutas y nueces. Los brotes o retoños son rojizos, la mayoría forman horqueta, los frutos tienen muchas formas y combinación de colores, el sabor del mucílago o la pulpa es dulce y el color de la semilla varía rosado, lila, violeta hasta llegar a púrpura oscuro o morado. En una misma mazorca pueden encontrarse granos blanco, lilas y morado (Montalván *et al.*, 2011).

Según Braudeau (1970) citado por Obieta que los caracteres botánicos de este grupo son difíciles de definir, debido a que son producto de una población híbrida polimorfa donde se pueden ver todos los tipos intermedios de criollos y forastero por otro, por lo cual se puede emparejar una disyunción notable en las familias de trinitarios (Palacios, 2008).

#### **2.1.2. Clasificación comercial del cacao**

Es importante realizar la clasificación del cacao ya que esto ayuda a dar el precio del mismo, debido a esto el mercado internacional del cacao los numera de dos maneras: el cacao ordinario los cuales son las almendras producto del forastero, e cual es utilizado para la preparación de manteca de cacao y productos que contengan una elevada proporción de chocolate; y el cacao fino a de aroma que son almendras provenientes del cacao criollo o a su vez del trinitario, el cual es utilizado para capas de cobertura o cacao finos de revestimiento, también es utilizado para preparar cacao en polvo que se emplea como aroma en algunas recetas (Montesinos, 2012).

### **2.1.3. Híbridos internacionales**

Hardey (1961) citado por (Saucedo, 2004) manifiesta que el cacao por ser una planta alogama esta favorecida por la estructura misma de la flor y por un sistema de auto-compatibilidad presentes en las diferentes poblaciones. Por esta razón, es de esperar una gran variabilidad de caracteres como rendimiento, tipo y colores de mazorca, forma y tamaño de hojas, resistencia a enfermedades y plagas, tamaño y color de las almendras. También indica que esta alta variabilidad de caracteres en una población, confiere una ventaja para los trabajos de selección, por cuanto el diferencial de selección es mayor, permitiendo aislar genotipos superiores y cambiar la frecuencia de ciertos genes mediante trabajos de selección e hibridación.

Estudios recientes, Mogrovejo 1972 citado por (López, 1980), reporto que clones híbridos presentaron un periodo de floración intensa que va de Diciembre a Marzo, con dos picos de menor intensidad en Junio y en Septiembre-Octubre. También determino que existe una cierta relación entre el número de flores caídas con los factores climáticos (temperatura, precipitación, brillo solar).

### **2.1.4. Mejoramiento genético**

Para proveer la obtención de ganancias genéticas en los atributos de orden económico (rendimiento resistencia a enfermedades, calidad, etc.) a través de programas de mejoramiento, se hace necesaria la identificación de las accesiones presentes en las diferentes colecciones de cacao y la evaluación de su desempeño agronómico. De manera general, el mejoramiento genético de cacao a nivel global está dirigido a alcanzar dos objetivos grandes: uno busca la obtención de variedades con mayor rendimiento para superar el problema de la baja productividad mundial por unidad de superficie, y el otro es obtener adquirir ganancias en el incremento de resistencia a las plagas y enfermedades, las cuales devastan más de un tercio de la producción potencial de cacao (Tarqui, 2010).

La producción promedio de plantas de cacao en América Latina es de 300 kg/ha/año, por otro lado en África es de 400 kg/ha/año, dichos niveles bajos de producción son debido al ataque de enfermedades y plagas, los cuales reducen el rendimiento entre un 21 y 50%. Debido a esto se dan programas de mejoramiento genético cacao los cuales se enfatizan a conseguir cultivares que sean resistentes a enfermedades y con altas producciones (Arciniegas, 2005).

Aunque es comúnmente 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. Así por ejemplo, hasta hace poco solo el 30% del cacao producido en el mundo provenían de variedades mejoradas, y menos del 1% de los mejores clones se había originado en los 20 años precedentes. Esto es sorprendente considerando la amplia diversidad genética de cacao en Latinoamérica, lo cual fue colectada en forma intensa en los años 30 (Mora *et al.*, 2012).

Una consecuencia inmediata de la estrecha base genética que poseen las variedades comerciales en su gran variabilidad a las enfermedades devastadoras, lo cual fue evidente por la aparición de la escoba de bruja y la moniliasis en México (Mora *et al.*, 2012).

### **2.1.5. Botánica de la flor y fruto**

#### **2.1.5.1. La flor**

Crecen a lo largo del tronco y de las ramas sostenidas por su pedicelo de 1-3 cm son pequeñas, de color rosado, blanco y purpura comúnmente, la polinización del cultivo es entomófila destacando la presencia de pequeñas moscas de varias especies del genero *Forcipomyia* (Baena, 2012).



Las flores y sus frutos se producen y desarrollan en cojines florares situados en el tronco, en el lugar donde se insertaron la hojas del primer desarrollo de la planta, o en las ramas igualmente en el punto de inserción de las hojas que por viejas ya se han caído. Las flores son pequeñas muy conspicua y coloreadas, inician su apertura durante las tardes y pueden ser polinizadas y fecundadas durante todo el día siguiente (Enriquez, 2004).

La flor individual es hermafrodita o completa, sostenida por un peciolo (rabillo) provisto de una constricción en la base, en la que se puede producir su abscisión; su longitud varia de 1 a 3 centímetros, con un diámetro que fluctúa entre 0.5 y 1 cm. El cáliz se encuentra formado por cinco sépalos carnosos de color rosado a blanco, en su base. La corola consta de 5 pétalos, de 6 a 9 milímetros que alternan con los sépalos y presenta una estructura característica (Enriquez, 2004).

El androceo o parte masculina de la flor, se encuentra constituido por 5 estambres fértiles y 5 infértiles de color morado, conocidos estos últimos como estaminoides, que rodean y protegen el pistilo. El gineceo o órgano femenino de la flor, está formado por el pistilo con sus correspondientes estigma, estilo y ovario este último provisto de 5 lóculos con placentación central conteniendo 30 a 50 óvulos adheridos (Suarez *et al.*, 1993).

#### **2.1.5.2. El fruto**

Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10–42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abobada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, según los genotipos (Bravo, 2010).

El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa o delgada, y los surcos superficiales o profundos según García, 2007 citado por (García, 2008). El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso.

El fruto del cacao llamado comúnmente mazorca, consiste en una cascara relativamente gruesa que contiene un número muy diverso de almendras, entre 20 y 50, distribuidos normalmente en cinco hileras e inmersos en una pulpa mucilaginoso de color blanco y sabor azucarado. La forma, el tamaño y el color del fruto, son atributos de interés para la identificación y descripción de los clones y cultivares, varían según el tipo de cacao; el tamaño de la mazorca depende del largo de esta, que oscila de 10 a 30 cm y el ancho que puede ser de 7 a 9 cm (Angulo *et al.*, 2002).

El peso de la mazorca y almendras del cacao varía según sus formas y dimensiones, las mazorcas poseen cerca de 30 a 40 semillas desarrollados en racimos y pueden pesar entre 200g a 1kg dependiendo de la variedad, el peso de los granos de la mazorcas se encuentran entre 100 a 150g cuando este se encuentran en un estado maduro, considerando que el peso más importante es el peso seco, el cual es utilizado para adquirir el cacao comercial, y de acuerdo a autores ingleses se dice que a partir de 20 a 25 mazorcas se obtiene un kilo de cacao comercial (Carmona, 2012).

#### **2.1.6. Polinización en el cultivo de cacao**

En el cacao la polinización es básicamente entomófila debido a que el polen que las flores poseen es pegajoso y este no se desplaza con facilidad con el viento o lluvia, asimismo la arquitectura floral dificulta la llegada del polen al estigma de la flor por dichas vías (Córdoba *et al.*, 2013).

Debido a que el polen es pegajoso y tiene alto contenido de humedad, es difícil que el viento pueda transportarlo, solo cuando el polen queda expuesto a varias horas de sol y en presencia de viento frecuente es que se seca y puede ser transportado por el viento, pero esto ocurre en pocos casos. Por eso la polinización de las flores de cacao depende de la participación de insectos en el proceso de transferencia del polen de una flor a otra. Gracias a su pegajosidad los granos de polen se adhieren al cuerpo del insecto y así éstos al volar de unas flores a otras se convierten en vectores que favorecen a la polinización del cacao (Cabezas *et al.*, 2013).

#### **2.1.6.1. La polinización natural en el cacao**

Soetardi en 1950 y Gonzales en 1954, establecieron que el viento y el agua tenían escasa importancia como agentes polinizadores del cacao. Billes en 1940 que ala autopolinización en cacao puede ser hecha por la mosquita *Forcipomyia*ssp, *Ceratopogonidae*, los trips *Frankliniella*párvula y el afido *Toxoptera aurantii*y que el único probable agente de polinización cruzada era la mosquita *Forcipomyia*. El mismo autor indico que las mosquitas *Ceratopogonidae* bajan por los estaminoides, rozando con el tórax el estigma de la flor, donde depositan en grupos, los granos de polen pegajosos. Al ingresar las mosquitas a la parte basal de la flor rozan el tórax con las anteras y en esta forma colectan una porción de granos de polen, que pueden depositarlo luego en otra flor (Arevalo, 1972).

#### **2.1.6.2. Métodos conocidos de polinización artificial**

El método de polinización artificial más conocido es la polinización de flores individuales. Fue ideado por Pound en 1937 y consiste en retirar pétalos, estambres y estaminoides y dejar libre el estigma de la flor receptora y frotarlo con las anteras de las flores donadoras de polen. Otro método de polinización artificial es el llamado “ordeño”, Ideado por Soria en Turrialba, considerando en tomar las flores abiertas, presionar y arrancar dócilmente los pétalos y sépalos al deslizarlos hasta debajo del pistilo. Otro método es el denominado “escobillado” el cual fue mostrado por Soria y Cerdas en Turrialba. Consiste en pasar suavemente una escobilla de sorgo sobre las flores abiertas de cacao (Arevalo, 1972).

El momento propio para realizar las polinizaciones manuales durante la época seca, son desde las 07h00 am hasta las 11h00 am (Noriega, s/f).

#### **2.1.6.3. Factores que pueden afectar la diversidad y abundancia de polinizadores**

Son varios los factores potenciales que afectan a la biodiversidad en general y a la abundancia y diversidad de polinizadores en particular. Además, resulta fundamental matizar que los diferentes factores ambientales raramente actúan de forma aislada; estos efectos interactivos, no aditivos, donde un factor sub-letal puede aumentar la severidad de otro factor, podrían ayudar a explicar algunos casos actuales de disminución de polinizadores, tanto silvestres como domésticos. Entre los factores que afectan a la polinización son los siguientes:

- Modificaciones en el uso del territorio.
- Utilización de productos químicos.
- Introducción de especies exóticas.
- Cambio global (Rosado, s/f).

#### **2.1.7. La intercompatibilidad sexual en el cacao**

Es necesario recordar que es una planta típica de polinización cruzada y que depende de la acción de los insectos para polinizarse, especialmente por parte del díptero del género *Forcipomyia*, la incompatibilidad sexual se expresa en términos de porcentaje de flores que representan el cuajamiento de fruto en un evento de polinización manual o artificial (Quiroz, 1990).

#### **2.1.8. Incompatibilidad**

La productividad en las plantas de valor comercial está asociado no solo con elementos endógenos, que pueden derivar con el proceso de floración, sino también el carácter de compatibilidad potencial y el material genético, así el cacao presenta el fenómeno de incompatibilidad sexual que se manifiesta cuando el polen de una flor de una planta, no puede fertilizar la flor de la misma

planta (autocompatibilidad) u otras plantas (interincompatibilidad) (Esteves *et al.*, 2009).

La existencia de incompatibilidad en cacao fue observada por primera vez en Trinidad por Harland en 1925, quien noto que había una acentuada diferencia en arboles sanos, en lo que respecta al número e frutos y que algunos de ellos ni siquiera producían. El fenómeno de incompatibilidad se presenta en dos sistemas: heteromorfo y homomorfo. En el primer caso se impide la fecundación por incompatibilidad morfológica entre las estructuras sexuales femeninas y masculinas. En el sistema homomorfo el impedimento de la fecundación se debe a razones genéticas y no morfológicas; este sistema a su vez, dependiendo del mecanismo de la reacción, puede ser gametofítico y esporofítico (Quiroz, 1990).

El sistema gametofítico se caracteriza por la acción independiente, tanto como en el estilo como en el polen, de los alelos pertenecientes al locus de la incompatibilidad. El grano de polen que lleva genes de incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo (Padilla, 1995).

Moreno en 1970, concluye que el problema de la incompatibilidad es general en todas las provincias del Ecuador, donde el cacao es cultivado. Que la incompatibilidad también existe en el cacao conocido como Nacional, lo mismo que en los híbridos de Nacional x Trinitario. El porcentaje de incompatibilidad es variable en las zonas cacaoteras del Ecuador, encontrándose regiones con 9% de árboles autocompatibles y otras hasta con un 50% (Pastorelly, 1992).

El sistema esporofítico el cual se presenta en las plantas de cacao, se halla determinada por un solo locus con alelos múltiples y se encuentran determinados por el núcleo diploide del esporofito (Padilla, 1995).

### **2.1.9. La calidad en el cacao**

La calidad es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero y el nivel que se logre conseguir de la misma, determinará la mayor o menor demanda que tenga en el mercado el producto final del proceso agrícola; esto es, el cacao en grano. La obtención de cacao de alta calidad exige que se cumpla con una serie de requisitos que se inician con la escogencia del sitio de siembra y los suelos que lo caracterizan, hasta la aplicación de una tecnología postcosecha adecuada y precisa (Reyes *et al.*, 1999).

La variabilidad genética posee gran influencia en las tipologías de las almendras, el color, el sabor, tamaño contenido de manteca, y sobre todo el aroma que estas poseen después de haber realizado el tostado, la post-cosecha también representa una parte crítica para las variedades de cacao, ya que es ahí donde se producen el mayor deterioro de las almendras (Bravo, 2010).

La calidad del cacao se manifiesta a través de las características físicas (tamaño, peso, grosor de cáscara, color, contenido de grasa) y las características organolépticas de las almendras. El sabor, determinado por el gusto y el aroma, refleja los efectos combinados del genotipo, de los factores edafoclimáticos, del manejo agronómico recibido en la plantación y de la tecnología postcosecha utilizada (Reyes *et al.*, 1999).

#### **2.1.9.1. Cosecha**

En el cacao la cosecha se inicia cuando la mazorca o fruta están maduros, dicha madurez se puede apreciar por la pigmentación que esta presenta: ya que esta de verde pasa a amarillo y de rojo a otras similares como anaranjado pálido o fuerte, también no se debe realizar la recolección de frutos verdes p verdes amarillentos, ya que estos poseen efectos desfavorables en la fermentación ya que proporciona un número elevado de almendras, la cosecha se realiza frecuentemente, en temporadas de mayor producción esta se realiza

semanal, en épocas lluviosa debe darse cada quincena; mientras que en época seca cada treinta días (APPCACAO, 2013).

No se debe esperar demasiado tiempo para efectuar la cosecha de mazorcas maduras, ya que esta se encuentran en el riesgo de podredumbre, así como la germinación de la misma (Rosero *et al.*, 2008).

La cosecha en el cacao se da durante dos periodos en el año, el primero inicia en Marzo y termina en el mes de Mayo y el segundo se da entre los meses de Septiembre y Diciembre, el fruto es cortado y llevado a un lugar dentro del cacaotal, luego son partidos para extraer las almendras, para posteriormente depositarlas en una cubeta para transportarlas al lugar donde se va a realizar el fermentado y secado (Cordova *et al.*, 2001).

#### **2.1.9.2. Procesos de pos cosecha en el cacao**

El manejo de pos cosecha en el cacao es de gran importancia y se debe realizar de manera correcta, para el desarrollo de sus características organolépticas llegando así, a obtener una alta calidad en el producto final. Si bien todo este manejo requiere un proceso estricto y sistémico, las etapas con más peso para la consecución del producto final se encuentra la fermentación y el secado, debido a que estos mueven las características de color, sabor y aroma del chocolate (Vargas *et al.*, 2008).

No todas las almendras responden al almacenamiento de la misma forma, el caco pertenece a un conjunto de almendras recalcitrantes las cuales demuestran características de no poder secarse sin sufrir ningún tipo de daño pues su posibilidad se reduce con la desecación y al llegar a un “contenido de humedad crítica” la viabilidad se reduce a cero (Fajardo *et al.*, 2012).

Estas semillas a diferencia de otras poseen altos contenidos de humedad a la madurez y aunque se almacenan hidratadas no pueden ser preservadas porque metabólicamente sufren cambios similares a la germinación y mueren por estrés oxidativo (Fajardo *et al.*, 2012).

#### 2.1.9.2.1. Fermentación

Las inadecuadas prácticas que no garantizan que sucedan todos y cada uno de los cambios bioquímicos y físicos durante la fermentación, no permitirán la presentación de un producto de buena calidad en el mercado, por todo esto se deben mejorar los procesos y la tecnificación pos cosecha, siendo esto basado en el conocimiento de las diferencias en el tiempo de fermentación según las variedades, y el análisis químico del grano, dando como resultado una fermentación homogénea (Pineda *et al.*, 2012).

La fermentación la efectúa una sucesión de microorganismos (bacterias ácidos lácticas, bacterias ácidos acéticas y levaduras) que inicia en ambientes anaeróbicos (sin presencia de oxígeno), una vez descompuesta la pulpa hay liberación de calor, cuyas temperaturas pueden llegar hasta los 45 a 50 °C, luego se forma alcohol, ácido láctico y ácido acético que permeabilizan la testa. La suma de estos compuestos y la temperatura producen la muerte del embrión, originando la disolución y difusión de los pigmentos (antocianinas) y alcaloides (teobromina y cafeína) que proporcionan el sabor amargo (Cubillos *et al.*, 2008).

Durante la fermentación se forman en los granos pigmentaciones marrones compuestas por polifenoles, la condensación de las proteínas y polifenoles producen una reducción de astringencia y sabor amargo; los granos frescos de cacao tienen pigmentos antocianínicos morados, cianidin-3- $\alpha$ -L-arabinosido y cianidin-3- $\beta$ -D-galactósido, durante la fermentación, estos pigmentos son hidrolizados por glicosidasas, que provocan una decoloración de los cotiledones (Zapata *et al.*, 2013).

La demora en el desgrane origina una fermentación acelerada, lo cual origina un aumento más rápido de la temperatura de la masa, la cual va alcanzando valores más altos a medida que transcurre el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao, además origina bajos niveles de ácido láctico, ácidos láctico y ácidos de cotiledón (Ortiz *et al.*, 2004).



De acuerdo a la metodología empleada que afecta el proceso de fermentación, bien puede ser por el tipo de fermentador usado, el volumen de la masa a fermentar y el tiempo o la frecuencia del volteo o remoción de las almendras (Alvarez *et al.*, 2010).

La mezcla de almendras de distintos tipos de cacao (Criollo y Forastero), puede afectar el proceso de fermentación y la calidad final del producto (Graziani *et al.*, 2002).

#### **2.1.9.2.2. Secado**

El secado artificial produce la principal transformación y a su vez es el procedimiento que más atención requiere para no afectar la calidad del mismo en la pos cosecha, debido a que la energía utilizada en el proceso de producción de granos en el secado consume alrededor del 50%, y tomando en cuenta elementos de calidad y consumo energético, se puede apreciar la importancia que adquiere su correcta realización, entre los objetivos más importantes del secado están: reducir los niveles de humedad de cosecha de los granos para el almacenamiento y óptimos para su comercialización (Tinoco, 2010).

Se recomienda reducir la humedad de las almendras hasta valores del 6 a 7% máximo 8%, ya que si es reducido demasiado la cascara se vuelve muy quebradiza, en caso contrario corre el riesgo de la propagación de hongos al almacenar el grano (Camacho *et al.*, 2004).

El secado natural por la exposición al sol es frecuentemente aplicado por los productores de las diversas regiones del país, debido a que este método es simple, permite la manipulación de pequeñas cantidades y es económico, pero este tipo de método posee ciertas desventajas entre las que encontramos, el tiempo de secado, la labor que esta requiere, la necesidad de extensas superficies para secar las almendras y además de su dependencia de las condiciones climáticas (Nogales *et al.*, 2006).

Al realizar un secado violento de las almendras este no es uniforme, debido a que se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas, lo cual genera un gran número de almendras purpuras que les confieren un sabor astringente, además endurece rápidamente la testa o cascarilla, lo cual impide la salida de ácidos volátiles que se concentran en los granos, generando granos ácidos (Zambrano *et al.*, 2010).

### **2.1.9.3. Calidad física en el cacao**

La homogeneidad y la elección de los granos fermentados y secos según su tamaño reflejan suma importancia para la industria procesadora, ya que esto afecta la proporción de cascara o testa, contenido de grasa y la efectividad del proceso de secado (Alvares *et al.*, 2007).

La calidad física se basa principalmente en la presentación exterior del grano, que no necesariamente coincide con un buen sabor y aroma a chocolate. Por su parte Enríquez (1995) y Pastorelly (1992) citados por (Sanchez, 2007), relacionan la calidad del grano con la calificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate a las almendras de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos e insectos entre otros.

Según Graziani de Fariñas (2003) citado por (Rivera *et al.*, 2012) obtuvieron 93.3% de almendras marrones (fermentación completa), a los cinco días de fermentación, al contrario de Barel 1978, que alcanzó un 75% de granos marrones con el mismo tiempo de fermentación, esta discrepancia podría radicar en la total de la masa a fermentar (3kg) aplicado por dichos autores, lo cual influye mucho en la fermentación.

Ramos, Ramos-Azócar *et al.*, (2000) y Jiménez (2003) citado por (Saltos, 2005), determinan que el grado de fermentación se clasifica dentro de las siguientes categorías:

- Almendras de color marrón o café, poseen una fermentación muy completa.
- Almendras de color marrón o violeta, indican una fermentación parcial.
- Almendras violetas, son el producto de una fermentación incompleta.
- Almendras pizarrosas (de color gris), no indica ningún efecto de fermentación.

#### 2.1.9.4. Norma de calificación comercial de cacao

Según la norma Técnica de calidad del cacao en grano beneficiado NTE INEN 176, la prueba de corte es una técnica utilizada para calificar u observar el gado de fermentación de una muestra de cacao que se le ha dado el beneficio, por lo tanto esta prueba permite cuantificar el grado de fermentación y defectos presentes por contaminantes, físicos, químicos, microbiológicos e insectos, la calificación se divide en “Arriba y CCN-51” (Vera, 2014).

**Cuadro 1.** Requisitos de calidad INEN del cacao arriba y del clon CCN-51

| Requisitos                                       | Unidad | Cacao Arriba |         |         |         |         | CCN-51  |
|--------------------------------------------------|--------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                  |        | ASSPS        | ASSS    | ASS     | ASN     | ASE     |         |
| Cien granos pesan                                | g      | 135-140      | 130-135 | 120-125 | 110-150 | 105-110 | 135-140 |
| Buena fermentación (mínimo)                      | %      | 75           | 65      | 60      | 44      | 26      | 65***   |
| Ligera fermentación* (mínimo)                    | %      | 10           | 10      | 5       | 10      | 27      | 11      |
| Totalmente Fermentado (mínimo)                   | %      | 85           | 75      | 65      | 54      | 53      | 76      |
| Violeta (máximo)                                 | %      | 10           | 15      | 21      | 25      | 25      | 18      |
| Pizarroso/pastoso (máximo)                       | %      | 4            | 9       | 12      | 18      | 18      | 5       |
| Moho (Máximo)                                    | %      | 1            | 1       | 2       | 3       | 4       | 1       |
| Totales (análisis sobre 100 almendras)           | %      | 100          | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     |
| Defectuosos (máximo) (análisis sobre 500 gramos) | %      | 0            | 0       | 1       | 3       | 4**     | 1       |
| TOTAL FERMENTADO                                 | %      | 85           | 75      | 65      | 54      | 53      | 76      |

beneficiados (Anecacao, 2013).

\* Coloración marrón violeta

\*\* Se permite la presencia de granza solamente para el tipo ASE

\*\*\* La coloración varía de marrón a violeta

ASSPS: Arriba Superior Summer Plantación Selecta.

ASSS: Arriba Superior Summer Selecto.

ASS: Arriba Superior Selecto

*ASN: Arriba Selección Navidad*

*ASE: Arriba Superior Época*

#### **2.1.9.5. Factores que determinan la calidad del cacao**

Los factores que determinan la calidad de las almendras de cacao son cinco:

- El genotipo.
- El clima imperante.
- Los suelos donde se cultiva.
- El manejo agronómico y fitosanitario que se ofrezca a la planta.
- Y la tecnología `post-cosecha (beneficio) que se utilice (Saltos, 2005).

## **CAPÍTULO III**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1. Localización

La presente investigación se realizó en la Finca Experimental “La Represa”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) ubicada en el km 7.5; recinto Fayta de la vía Quevedo – San Carlos, provincia de Los Ríos. Su ubicación geográfica es de 1° 03′ 18” de latitud Sur y de 79° 25′ 24” de longitud Oeste a una altura de 90 msnm.

#### 3.1.1. Características Agro-climatológicas del Lugar Experimental

Las características agroclimáticas son las siguientes: esta zona está clasificada como bosque húmedo-tropical (Bh-T), con una temperatura promedio de 24,5 °C un suelo franco arcilloso con pH 5,7

Cuadro 2. Valores diarios Octubre 2014

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Temperatura promedio: | 24.4 °C         |
| Humedad relativa:     | 83,2 %          |
| Heliofanía:           | 1,7 horas/luz/d |
| Precipitación día:    | 2,8 mm          |

**Fuente:** Instituto Nacional de meteorología e hidrología-División de meteorología-Departamento de Sinóptica-Estación Pichiligue. 2014

### 3.2. Material Genético

Se utilizaron 20 híbridos y un testigo comercial de cacao con características sobresalientes de producción, tolerancia a las principales enfermedades y de calidad, pertenecientes al Programa de Cacao de la Unidad de Investigación Científica y Tecnológica. Como se indica en el siguiente cuadro:

**CUADRO 3.** Híbridos inter-clónales seleccionados en la obtención de híbridos de la Finca Experimental “La Represa” 2015

| Nº | DYRCYT-H | HÍBRIDO                     | ORIGEN     | GENOTIPO              | Nº PL |
|----|----------|-----------------------------|------------|-----------------------|-------|
| 1  | 251      | LR 14 X CCAT 11H19          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 2  | 252      | LR14 X CCAT L49 H 98        | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 3  | 253      | LR 16 X CCAT L11H19         | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 4  | 254      | LR 17 X CCAT L11H19         | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 5  | 255      | LR14 X CCAT L18 H 58        | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 6  | 256      | LR18 X CCAT L46H75          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 7  | 257      | LR18 X CCAT L46H88          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 8  | 258      | LR16 X EET-103 (Tenguel 25) | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 9  | 259      | LR16 X CCAT L18 H58         | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 10 | 260      | LR18 X CCAT L49H98          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 11 | 261      | LR14 X CCAT L26H64          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 12 | 262      | LR 17 X CCAT L49H98         | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 13 | 263      | LR17 X CCAT L46H75          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 14 | 264      | LR20 X CCAT L49H98          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 15 | 265      | LR14 X CCAT L12H30          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 16 | 266      | LR14 X CCAT L15H31          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 17 | 267      | LR 14 X CCAT L46H57         | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 18 | 268      | LR18 X CCAT L26H64          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 19 | 269      | LR16 X CCAT L46H75          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 20 | 270      | LR17 X CCAT L26H64          | La Represa | Trinitario x Nacional | 10    |
| 21 | 271      | JHVH.-10 (Testigo)*         | La Represa | Trinitario            | 10    |

**Código**

CCAT = Centro Cacao Aroma Tenguel  
EET = Estación Experimental Tropical Pichilingue  
LR = La Represa UTEQ  
DYRCYT-H = Dirección de Investigación Científica y Tecnológica  
JHVH-10=\*Testigo

### **3.3. Herramientas Utilizadas**

- Tubos plásticos
- Pinza de acero
- Fundas
- Tijeras de podar
- Algodón
- Plastilina
- Fungicida
- Cámara fotográfica
- Caja polinizadora
- Etiquetas de papel
- Cinta plástica

### **3.4. Técnicas de Autopolinización**

La técnica que se utilizó para polinizar las flores de un mismo híbrido fue manual o controlada, que consistió en cubrir los botones florales por medio de un tubo plástico transparentes de 1 cm de diámetro por 4 cm de largo, de este modo la flor no fue polinizado por ningún insecto polinizador.

Cuando los botones estuvieron completamente abiertos se retiró el tubo sin ocasionar daño a la flor, para realizar la polinización, se usó pinzas de metal que nos ayudaron a sacar los estaminoides, estambres y pétalos y dejar libre el estigma para polinizar la flor donante; de este modo se procedió a frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor, de abajo hacia arriba, hasta haber depositado polen en el órgano femenino. Posteriormente se tapó la flor con el tubo esto realizó en horas de la mañana de 08h00 a 11h00.

### **3.5. Número e Identificación de Flores**

Las flores polinizadas, se identificaron utilizando alfileres, los cuales sujetarán pequeñas placas plásticas que indicaran los datos referentes al clon y fecha de



cruce. Se registraron el número de flores polinizadas, fecundadas y el porcentaje de fecundación de cada cruce y autofecundación.

### 3.6. Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente al azar, como tratamientos se considerara 20 híbridos más un testigo comercial JHVH-10, con tres repeticiones, cada unidad experimental estará constituida por cinco flores.

Para determinar diferencias entre medias de los tratamientos se empleo la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

**CUADRO 4.** Esquema del análisis de varianza

| Fuente de Variación | Grados de libertad |    |
|---------------------|--------------------|----|
| Tratamiento         | t-1                | 20 |
| Error experimental  | t(r-1)             | 42 |
| Total               | tr-1               | 62 |

El modelo lineal:

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

Dónde:  $Y_{ij}$  = Valor de la variable respuesta i efecto de los tratamientos;  $\mu$  = Valor de la media general;  $T_i$  = Efecto de los tratamientos en estudio;  $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental o efecto aleatorio.

### **3.7. Variables a Evaluadas**

#### **3.7.1. Autopolinización y morfología floral**

##### **3.7.1.1. Autopolinización (%)**

Se calculó el porcentaje de prendimiento, contando el número de flores por planta y dividiendo para las 5 flores consideradas en cada planta.

##### **3.7.1.2. Tamaño de la flor (cm)**

Se midió la longitud de cinco flores considerando desde la base del pedicelo hasta la punta del estaminodio para lo cual se usará papel milimetrado como medio de medición.

##### **3.7.1.3. Peso de la Flor (mg)**

Se pesó cinco flores enteras, se utilizó una balanza de precisión para luego extraer el promedio.

##### **3.7.1.4. Largo del sépalo (mm)**

Para medir el largo del sépalo de cada flor se separó de la flor y se medirá utilizando papel milimetrado.

##### **3.7.1.5. Ancho del sépalo (mm)**

El ancho se lo midió desde la parte más ancha del sépalo y se lo hará en el papel milimetrado.

##### **3.7.1.6. Largo del pétalo (mm)**

El largo se lo midió en la misma hoja milimetrada como el sépalo.

##### **3.7.1.7. Ancho del pétalo (mm)**

De la misma manera se midió el ancho del pétalo desde la parte más amplia, en la misma hoja milimetrada.

#### **3.7.1.8. Diámetro del pedúnculo (mm)**

Para realizar este procedimiento se comenzó a medir el pedúnculo desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos, se utilizó la misma hoja milimetrada.

### **3.7.2. Calidad física de almendra**

#### **3.7.2.1. Índice de semillas (IS)**

De las 20 mazorcas recolectadas para determinar el IM, se tomaron al azar 100 semillas considerando cinco semillas por mazorca, luego de fermentadas y secadas las semillas, Se calculó el IS, utilizando la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{\text{Peso en gramos de 100 semillas fermentadas y secas}}{100}$$

#### **3.7.2.2. Número de almendras en 100 g**

Se tomaron al azar almendras, las mismas que fueron pesadas en una balanza hasta obtener 100g; posteriormente se registrará el número de almendras necesarias para completar 100g.

#### **3.7.2.3. Porcentaje de testa (PT)**

Para esta variable se pesaron 35 almendras fermentadas y secas, luego se procedió a descascarillarlas y pesar el cotiledón por separado. El porcentaje de testas se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de testa} = \frac{(\text{Peso de testa})}{\text{Peso de almendras}} * 100$$

#### **3.7.2.4. Índice de mazorcas (IM)**

El índice se obtuvo recolectando al azar 20 mazorcas maduras y sanas de cada sub parcela, cuyas almendras se fermentaron y secaron, y se determinó el IM aplicando la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{20 \text{ mazorcas}}{\text{Peso de granos de las almendras secas de 20 mazorcas}} \times 1000$$

#### **3.7.2.5. Largo y ancho de almendra (cm)**

Para el largo y ancho se seleccionaron 20 almendras al azar, luego estas se midieron con la ayuda de una regla.

#### **3.7.3. Prueba de corte**

##### **3.7.3.1. Porcentaje de fermentación (PF)**

Esta variable fue registrada a través de una prueba de corte a 100 almendras, siguiendo el procedimiento de la norma INEN 175, para cada muestra colectadas al azar, las mismas que serán colocadas sobre un fondo blanco. En base a las características se las clasificará de la siguiente manera; bien fermentadas, medianamente fermentadas, violetas, pizarras y contaminadas. La fermentación total se la expresará en porcentajes.

#### **3.8. Manejo del Experimento**

##### **3.8.1. Poda de mantenimiento**

Se realizaron podas sanitarias, con el objetivo de ayudar al desarrollo de la planta eliminando ramas infectadas con escoba. Además, mensualmente se eliminaron chupones.

##### **3.8.2. Fertilización**

Se realizó la fertilización del suelo, acorde a sus requerimientos y la fertilización se efectuara a la entrada y salida de la época lluviosa.

#### **3.8.3. Control de malezas**

El control de malezas fue manual y/o químico, dos veces al año en la época lluviosa con una dosis de 150 cc.de glifosato-480.

#### **3.8.4. Cosecha**

Se cosecharon frutos sanos en estado fisiológico considerados como maduros. De cada genotipo se completó 3 kg de almendras de cacao o masa fresca. La cosecha se realizó cada 15 días dependiendo, de la disponibilidad de mazorcas para completar la masa fermentativa requerida.

#### **3.8.5. Fermentación y secado**

La masa fresca se colocó en cajones de madera especial para la fermentación, las mismas que se etiquetaron y tapada por 96 horas, donde se efectuaron remociones manuales cada 48 horas desde el inicio de la fermentación. Terminada la fermentación se procedió al secado, el mismo que se lo realizó de manera gradual en cajas de madera, hasta que su contenido de humedad llegue a un 6 a 7 por ciento.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Autopolinización (%)

Según la prueba de Tukey  $p \leq 0.05$  no se encontraron diferencias, de los cuales los tratamientos T5 y T7 resultaron ser auto-compatibles con un porcentaje del 60 y 53,33% respectivamente, mientras que los tratamientos T3, T11 y T20 fueron auto-incompatibles con una fecundación del 0%, existiendo un promedio entre tratamientos de 24,13%.

De acuerdo a los datos obtenidos por Laje (2013) el clon LR14 padre del Híbrido T5 - LR14 X CCAT L18 H 58 obtuvo el mismo porcentaje de auto-compatibilidad (60%).

Según los estudios realizados por Moreno (1970) citado por Pastorelly (1992), manifiesta que la incompatibilidad es general en todas las provincias del Ecuador donde el cacao es cultivado, lo cual existe en el cacao conocido como Nacional, al igual que los híbridos de Nacional x Trinitario, encontrándose con regiones con 9% de árboles auto-incompatibles y otras hasta con un 50%. Algo similar sucedió con Quiroz (1990), quien al realizar polinizaciones controladas en diferentes cruzamientos híbridos de clones Nacionales (ICS-6 x EET-332; EET-444 x EET-19; EET-103 x EET-387; etc.) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, obtuvo porcentajes de auto-compatibilidad entre 30 y 70%; los restantes considerados auto-incompatibles debido a que obtuvieron prendimientos que variaron entre el 0 y 25%.

También según los resultados obtenidos por Quinaluisa (2010) de 333 árboles polinizados de cuatro grupos de progenies híbridadas obtenidos entre genotipos de cacao Nacional y otros orígenes genéticos, 154 fueron auto-compatibles, es decir el 46,25% mientras que el 53,75% resultaron auto-incompatibles, este porcentaje varió entre el 30 y 100%, donde el grupo 4 presentó el mayor porcentaje de auto-incompatibilidad, con el 74,19%.

Por otro lado los estudios realizados por Zambrano (2000), al efectuar la auto-polinización en 55 clones de cacao tipo Nacional, 39 de estos resultaron ser auto-compatibles presentando un porcentaje entre 30 y 85% de prendimiento,

mientras que los 16 clones restantes resultaron ser auto-incompatibles con un porcentaje de prendimiento de 0 a 25%.

**Cuadro 5.** Promedios estadísticos del porcentaje de polinización (flores no fecundadas; flores fecundadas; %P: porcentaje de polinización) de 20 híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la Finca Experimental La Represa\*. FCP. UTEQ. 2015

| TRATAMIENTO                      | Flores no fecundadas |   | Flores fecundadas |   | %P     |   |
|----------------------------------|----------------------|---|-------------------|---|--------|---|
| T1 - LR 14 X CCAT 11H19          | 11                   | a | 4                 | a | 26,67  | a |
| T2 - LR14 X CCAT L49 H 98        | 14                   | a | 1                 | a | 6,67   | a |
| T3 - LR 16 X CCAT L11H19         | 15                   | a | 0                 | a | 0,00   | a |
| T4 - LR 17 X CCAT L11H19         | 13                   | a | 2                 | a | 13,33  | a |
| T5 - LR14 X CCAT L18 H 58        | 6                    | a | 9                 | a | 60,00+ | a |
| T6 - LR18 X CCAT L46H75          | 8                    | a | 7                 | a | 46,67+ | a |
| T7 - LR18 X CCAT L46H88          | 7                    | a | 8                 | a | 53,33+ | a |
| T8 - LR16 X EET-103 (Tenguel 25) | 12                   | a | 3                 | a | 20,00  | a |
| T9 - LR16 X CCAT L18 H58         | 11                   | a | 4                 | a | 26,67  | a |
| T10 - LR18 X CCAT L49H98         | 8                    | a | 7                 | a | 46,67+ | a |
| T11 - LR14 X CCAT L26H64         | 15                   | a | 0                 | a | 0,00   | a |
| T12 - LR 17 X CCAT L49H98        | 8                    | a | 7                 | a | 46,67+ | a |
| T13 - LR17 X CCAT L46H75         | 13                   | a | 2                 | a | 13,33  | a |
| T14 - LR20 X CCAT L49H98         | 8                    | a | 7                 | a | 46,67+ | a |
| T15 - LR14 X CCAT L12H30         | 8                    | a | 7                 | a | 46,67+ | a |
| T16 - LR14 X CCAT L15H31         | 12                   | a | 3                 | a | 20,00  | a |
| T17 - LR 14 X CCAT L46H57        | 13                   | a | 2                 | a | 13,33  | a |
| T18 - LR18 X CCAT L26H64         | 14                   | a | 1                 | a | 6,67   | a |
| T19 - LR16 X CCAT L46H75         | 13                   | a | 2                 | a | 13,33  | a |
| T20 - LR17 X CCAT L26H64         | 15                   | a | 0                 | a | 0,00   | a |
| T0 - JHVH.-10 (Testigo)*         | 15                   | a | 0                 | a | 0,00   | a |
| Promedio                         | 11                   |   | 4                 |   | 24,13  |   |
| CV (%)                           | 12,14                |   | 15,67             |   | 11,21  |   |
| Max                              | 15,00                |   | 9,00              |   | 60,00  |   |
| Min                              | 6,00                 |   | 0,00              |   | 0,00   |   |

+ Auto compatible



## **4.2. Morfología de la Flor**

### **4.2.1. Tamaño de la flor (cm)**

Para esta variable se encontró diferencia según Tukey al ( $p \geq 0.05$ ), entre los cuales el T15 y T14 obtuvieron los mejores resultados entre tratamientos con un tamaño de 1,95 y 1,92 cm respectivamente superando al testigo T0 (1,78 cm). De acuerdo a los datos obtenidos estos no superan los de Laje (2013), quien obtuvo tamaños de 29 mm en los clones LR18 y CCAT 46-66, mientras que el resto de flores lograron tamaños de 22 y 24mm. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Suarez (1993), quien dice que la longitud de una flor esta entre 1 a 3 cm.

### **4.2.2. Peso de la flor (mg)**

Para el peso de la flor se encontró diferencias ( $p \leq 0.05$ ), siendo T14 (0,051mg) y T15 (0,050mg) los pesos más altos entre tratamientos superando al T0 (0,047 mg), con un promedio general entre tratamientos de 0,040 mg, esto a diferencia de Laje (2013) quien obtuvo un peso mayor de 0,076mg en el clon CCAT 29-04 y el resto de ellos con un peso entre 0,040 y 0,060 mg.

### **4.2.3. Largo de sépalo (mm)**

En el largo del sépalo se obtuvo diferencia significativa según Tukey al ( $p \geq 0.05$ ), siendo T14 y T15 los mejores entre tratamientos, ambos con un largo del sépalo de 7,30 mm superando así al T0 (6,70 mm), el promedio general del largo del sépalo fue de 0,66mm. Esto no supera a lo obtenido por Peña (2003), en 57 accesiones de cacao tipo Nacional del banco de germoplasma del INIAP, en los cuales registro un promedio general de largo de pedúnculo de 8,06mm.

#### **4.2.4. Ancho del sépalo (mm)**

Para esta variable no se encontraron diferencias según Tukey ( $p \leq 0.05$ ), habiendo un mayor ancho de sépalo en el T19 y T20 con 2,20 mm, seguido del T8 con 2,10 mm, el resto de tratamientos poseen un ancho de sépalo de 2 mm. Algo parecido sucedió con los datos obtenidos por Laje (2013) quien registro un ancho de pedúnculo 2 mm en el 75% de los tratamientos, a diferencia de Soria (1992) quien registro mayor variabilidad en flores de cacao tipo Nacional con un ancho máximo de 2,65 mm y mínimo de 1,62 mm.

#### **4.2.5. Largo del pétalo (mm)**

Se encontró diferencias estadísticas según Tukey ( $p > 0.05$ ), existiendo mayor largo del pétalo en T14 y T15 con 7 y 6,70 mm, superando al T0 (6 mm), los valores más bajos se encontraron en T2 y T3 con 5,30 y 5 mm respectivamente, y un promedio general del largo del pétalo de 5,70mm. Los datos obtenidos superan los de Laje (2013), quien registro un largo de pétalo de 4 mm.

#### **4.2.6. Ancho del pétalo (mm)**

No se encontró diferencias según Tukey ( $p < 0.05$ ), pero el mayor ancho de pétalo se registró en el T20 (2,30 mm), seguido del T13 (2,20 mm), el resto de los tratamientos el 71% presentaron un ancho de pétalo de 2 mm, según los datos obtenidos por Laje (2013) tampoco existió mucha variabilidad registrando un ancho de pétalo de 2 mm en el 88% de los tratamientos.

#### **4.2.7. Largo del pedúnculo (mm)**

Para esta variable no se encontró diferencia según Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el T14 obtuvo la mayor longitud con 11,70 mm seguido de los tratamientos T12 y T15 ambos con una longitud de 10 mm, con un promedio entre tratamientos de 8,20 mm. esto no sucede con Laje (2013), quien el mayor largo de pedúnculo obtuvo 22 mm, pero ambos datos entran en lo mencionado por Hardy (1961), quien dice que a flor posee un pedicelo (pedúnculo) cuya longitud varia de 1,3 a 3 cm.

**Cuadro 6.** Promedios estadísticos de la morfología de la flor (TF: tamaño de flor; PF: peso de flor; LS: largo del sépalo; AS: ancho del sépalo; LP: largo del pétalo; AP: ancho del pétalo; LPe: largo del pedúnculo) presentes en 20 híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la finca experimental la represa“. FCP. UTEQ. 2015.

| TRATAMIENTO                      | TF (cm) |         | PF (mg) |      | LS (mm) |   | AS (mm) |   | LP (mm) |     | AP (mm) |   | L Pe (mm) |   |
|----------------------------------|---------|---------|---------|------|---------|---|---------|---|---------|-----|---------|---|-----------|---|
| T1 - LR 14 X CCAT 11H19          | 1,53    | defg    | 0,040   | abcd | 6,70    | a | 2,00    | a | 5,70    | abc | 2,00    | a | 8,00      | a |
| T2 - LR14 X CCAT L49 H 98        | 1,57    | cdefg   | 0,041   | abcd | 6,70    | a | 2,00    | a | 5,30    | c   | 2,10    | a | 8,00      | a |
| T3 - LR 16 X CCAT L11H19         | 1,43    |         | 0,031   | d    | 6,00    | a | 2,00    | a | 5,00    | c   | 2,10    | a | 7,50      | a |
| T4 - LR 17 X CCAT L11H19         | 1,65    | bcdefg  | 0,042   | abcd | 7,00    | a | 2,00    | a | 5,30    | bc  | 2,00    | a | 7,70      | a |
| T5 - LR14 X CCAT L18 H 58        | 1,51    | defg    | 0,035   | bcd  | 6,70    | a | 2,00    | a | 5,00    | c   | 2,00    | a | 7,70      | a |
| T6 - LR18 X CCAT L46H75          | 1,91    | ab      | 0,042   | abcd | 6,70    | a | 2,00    | a | 6,00    | abc | 2,00    | a | 9,30      | a |
| T7 - LR18 X CCAT L46H88          | 1,72    | abcdef  | 0,034   | cd   | 6,30    | a | 2,00    | a | 5,70    | abc | 2,00    | a | 6,50      | a |
| T8 - LR16 X EET-103 (Tenguel 25) | 1,76    | abcde   | 0,033   | cd   | 6,70    | a | 2,10    | a | 5,70    | abc | 2,00    | a | 7,30      | a |
| T9 - LR16 X CCAT L18 H58         | 1,81    | abc     | 0,035   | bcd  | 6,70    | a | 2,00    | a | 6,00    | abc | 2,00    | a | 8,50      | a |
| T10 - LR18 X CCAT L49H98         | 1,65    | bcdefg  | 0,041   | abcd | 6,30    | a | 2,00    | a | 5,70    | abc | 2,00    | a | 9,30      | a |
| T11 - LR14 X CCAT L26H64         | 1,71    | abcdef  | 0,042   | abcd | 6,00    | a | 2,00    | a | 6,00    | abc | 2,10    | a | 7,50      | a |
| T12 - LR 17 X CCAT L49H98        | 1,76    | abcde   | 0,037   | abcd | 6,70    | a | 2,00    | a | 6,00    | abc | 2,00    | a | 10,00     | a |
| T13 - LR17 X CCAT L46H75         | 1,77    | abcd    | 0,047   | abc  | 7,00    | a | 2,00    | a | 5,70    | abc | 2,20    | a | 9,00      | a |
| T14 - LR20 X CCAT L49H98         | 1,92    | a       | 0,051   | a    | 7,30    | a | 2,20    | a | 7,00    | a   | 2,10    | a | 11,70     | a |
| T15 - LR14 X CCAT L12H30         | 1,95    | a       | 0,050   | ab   | 7,30    | a | 2,10    | a | 6,70    | ab  | 2,00    | a | 10,00     | a |
| T16 - LR14 X CCAT L15H31         | 1,60    | cdefg   | 0,039   | abcd | 6,00    | a | 2,00    | a | 5,30    | bc  | 2,00    | a | 8,00      | a |
| T17 - LR 14 X CCAT L46H57        | 1,68    | abcdefg | 0,039   | abcd | 6,30    | a | 2,00    | a | 5,30    | bc  | 2,00    | a | 6,70      | a |
| T18 - LR18 X CCAT L26H64         | 1,78    | abcd    | 0,038   | abcd | 6,70    | a | 2,00    | a | 5,30    | bc  | 2,10    | a | 6,50      | a |
| T19 - LR16 X CCAT L46H75         | 1,50    | efg     | 0,035   | bcd  | 6,00    | a | 2,20    | a | 5,30    | bc  | 2,00    | a | 7,00      | a |
| T20 - LR17 X CCAT L26H64         | 1,46    | fg      | 0,037   | abcd | 6,00    | a | 2,20    | a | 5,30    | bc  | 2,30    | a | 6,00      | a |
| T0 - JHVH.-10 (Testigo)*         | 1,78    | abcd    | 0,047   | abc  | 6,70    | a | 2,10    | a | 6,00    | abc | 2,00    | a | 10,3      | a |
| Promedio                         | 1,69    |         | 0,040   |      | 6,56    |   | 2,04    |   | 5,68    |     | 2,05    |   | 8,21      |   |
| CV (%)                           | 5,16    |         | 12,44   |      | 7,19    |   | 12,51   |   | 8,87    |     | 12,65   |   | 30,28     |   |
| Max                              | 1,95    |         | 0,051   |      | 7,30    |   | 2,20    |   | 7,00    |     | 2,30    |   | 11,70     |   |
| Min                              | 1,43    |         | 0,031   |      | 6,00    |   | 2,00    |   | 5,00    |     | 2,00    |   | 6,00      |   |

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Comentado [JV1]: TAMAÑO DE LETRA 10

### **4.3. Índices de Calidad Física de la Almendra**

#### **4.3.1. Índice de semilla (g)**

Dado el análisis estadístico no se encontraron diferencias según Tukey ( $p \leq 0.5$ ), encontrándose el índice de semilla más alto en los tratamientos T2y T5 ambos con (1,41) seguido del T10 (1,40) superando al T0 (1,21), mientras que el menor índice de semilla fue en T19 (0,97) y registrándose un promedio general de 1,25.

Estos datos superan a los obtenidos por Goya (2013), quien aclara que con híbridos de cacao, logró un índice de mazorca de 1,37 y 1,33. Esto también se da con los datos logrados por Espín (2013) en el cual registró un índice de semilla de 1,34 y 1,31 cuya investigación se realizó en clones Nacionales de cacao.

#### **4.3.2. Numero de almendras en 100g (unid)**

Para esta variable se encontraron diferencias significativa según Tukey ( $p \geq 0,05$ ), dando como resultado un menor número de almendras para completar 100g en los tratamientos T3 y T10 con un total 67 unid, superando al T0 con 81 unid, el valor más alto se hayo en T19 (98 unid) y un promedio general de 78 unid.

Al obtener un menor número de almendras para completar 100 g el tamaño de estas es mayor o viceversa debido a que el peso está directamente relacionado con el tamaño, según Palacios (2008) el cual obtuvo un total de 82 almendras para completar 100g.

#### **4.3.3. Porcentaje de testa (%)**

Según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) se encontraron diferencias significativas, habiendo un menor porcentaje de testa en los tratamientos T10 y T14, con un total de 7,95 y 9,20 respectivamente, superando así T0 el cual obtuvo un porcentaje de 10,40 y entre los porcentajes más altos se hallaron en T1 (14,76) y T6 (13,45), con un promedio general de 10,89.

Estos valores superan a los datos obtenidos por Espín (2013) en los cuales el promedio general de porcentaje de testa clones tipo Nacional es de 16,54. Al igual que Palacios (2008) quien obtuvo valores del 17,11 y 17% de testa

#### **4.3.4. Índice de mazorca**

Según la prueba de Tukey no se encontró diferencias ( $p \leq 0.05$ ), entre los cuales el T1 y T3 obtuvieron el mejor índice de mazorca con 18,81 y 18,99 mazorcas, mientras que el T12 y T19 lograron un índice de mazorca de 33,70 y 30,48 respectivamente, existiendo un promedio entre tratamientos de 23 mazorcas. Estos resultados entran con lo obtenido por Flores (2012), quien registro un promedio entre 5,10 y 50,31 mazorcas en 64 clones de cacao tipo nacional y dos testigos tipo trinitario (JHVN-10 y CCN-51), mientras que Mendoza (2013) registrando índices en CCN-51 de 15,99 mazorcas y en ETT-544 de 23,11 mazorcas.

De acuerdo a estos datos con los obtenidos en los 20 Híbridos interclonales de cacao, se puede argumentar que la variabilidad registrada (18,81 min y 33,70 max) se debe a que los índices de mazorcas son muy variables según los tipos cacao ya que los híbridos son provenientes de cacos tipo Nacional y Trinitario, como sucedió con Ortiz (2002) quien medio el índice de mazorca en los tres tipos de cacao, registrando un promedio de 13,85 a 30,77 mazorcas en los criollos, 11,23 a 30,46 mazorcas en los forasteros y 8,69 a 24,10 mazorcas en los trinitarios.

#### 4.3.5. Largo y ancho de almendras (cm)

Para el largo de almendras no se encontraron diferencia según Tukey ( $p \leq 0.5$ ), el valor máximo en el largo de almendra lo obtuvo el T9 (2,47 cm) T11 (2,46 cm) y el mínimo el T19 (2,17 cm) T17 (2,19 cm) con promedio general entre tratamientos de 2,31cm. No obstante para el ancho de almendras se encontraron diferencias estadísticas altamente significativa según Tukey  $p > 0.01$ , obteniendo un mayor ancho de almendras en los tratamientos T1, T2, T3 y T14 (1,32 cm) seguidos de los tratamientos T4 y T5 (1,31cm), el valor mínimo se encontró en el T19 (1,07 cm), habiendo un promedio general entre tratamientos de 1,25 cm.

Esto concuerda con lo obtenido por Angulo (2002) quien realizó un estudio en tres tipos de cacao Criollo, Trinitario y Forastero, correspondiéndole al Criollo los más largos y anchos con 2,42 y 1,36 cm respectivamente, otros investigadores señalan que las semillas de cultivares de cacaos Forasteros y Trinitarios poseen un largo de 2,2 a 3,2 cm, y ancho de 1,1 a 3,6 cm (Enríquez y Soria, 1968; Bekele et al., 1994) y para el cacao criollo un largo entre 2,36 a 2,65 cm, ancho de 1,40cm Ortiz y Graziani, (1995); Sánchez y Tortolero (1996) citado por Angulo (2002).

**Cuadro 7.** Promedios estadísticos de los índices de calidad física (IS: índice de semilla, NA100g: número de almendras en 100 gramos; %T: porcentaje de almendras; IM: índice de mazorca; LA: largo de almendra; AA: ancho de almendra) de almendras de 20 híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la finca experimental la represa“. FCP. UTEQ. 2015.

| TRATAMIENTO                      | IS (g) |   | NA 100 g |    | % T   |    | IM (unid) |   | LA (cm) |   | AA (cm) |    |
|----------------------------------|--------|---|----------|----|-------|----|-----------|---|---------|---|---------|----|
| T1 - LR 14 X CCAT 11H19          | 1,36   | a | 73,67    | ab | 14,76 | a  | 18,81     | a | 2,44    | a | 1,32    | a  |
| T2 - LR14 X CCAT L49 H 98        | 1,41   | a | 74,00    | ab | 11,09 | ab | 26,29     | a | 2,45    | a | 1,32    | a  |
| T3 - LR 16 X CCAT L11H19         | 1,35   | a | 67,00    | b  | 12,01 | ab | 18,99     | a | 2,37    | a | 1,32    | a  |
| T4 - LR 17 X CCAT L11H19         | 1,26   | a | 79,67    | ab | 12,47 | ab | 24,72     | a | 2,31    | a | 1,31    | a  |
| T5 - LR14 X CCAT L18 H 58        | 1,41   | a | 79,33    | ab | 10,51 | ab | 21,32     | a | 2,28    | a | 1,31    | a  |
| T6 - LR18 X CCAT L46H75          | 1,23   | a | 79,67    | ab | 13,45 | ab | 21,50     | a | 2,23    | a | 1,19    | ab |
| T7 - LR18 X CCAT L46H88          | 1,26   | a | 81,00    | ab | 11,21 | ab | 22,65     | a | 2,19    | a | 1,24    | a  |
| T8 - LR16 X EET-103 (Tenguel 25) | 1,39   | a | 73,67    | ab | 10,82 | ab | 20,51     | a | 2,34    | a | 1,26    | a  |
| T9 - LR16 X CCAT L18 H58         | 1,30   | a | 74,00    | ab | 10,05 | ab | 23,20     | a | 2,47    | a | 1,27    | a  |
| T10 - LR18 X CCAT L49H98         | 1,40   | a | 67,67    | b  | 7,95  | b  | 21,28     | a | 2,32    | a | 1,22    | ab |
| T11 - LR14 X CCAT L26H64         | 1,18   | a | 75,00    | ab | 9,45  | ab | 21,16     | a | 2,46    | a | 1,23    | a  |
| T12 - LR 17 X CCAT L49H98        | 1,17   | a | 86,33    | ab | 11,06 | ab | 33,70     | a | 2,34    | a | 1,27    | a  |
| T13 - LR17 X CCAT L46H75         | 1,19   | a | 80,00    | ab | 11,02 | ab | 19,49     | a | 2,23    | a | 1,28    | a  |
| T14 - LR20 X CCAT L49H98         | 1,33   | a | 73,33    | ab | 9,20  | b  | 19,80     | a | 2,29    | a | 1,32    | a  |
| T15 - LR14 X CCAT L12H30         | 1,35   | a | 73,33    | ab | 10,80 | ab | 19,76     | a | 2,36    | a | 1,19    | ab |
| T16 - LR14 X CCAT L15H31         | 1,16   | a | 83,00    | ab | 11,72 | ab | 29,75     | a | 2,27    | a | 1,20    | ab |
| T17 - LR 14 X CCAT L46H57        | 1,21   | a | 81,33    | ab | 10,55 | ab | 24,41     | a | 2,29    | a | 1,21    | ab |
| T18 - LR18 X CCAT L26H64         | 1,09   | a | 87,33    | ab | 10,36 | ab | 19,90     | a | 2,28    | a | 1,18    | ab |
| T19 - LR16 X CCAT L46H75         | 0,97   | a | 98,00    | a  | 9,88  | ab | 30,48     | a | 2,17    | a | 1,07    | b  |
| T20 - LR17 X CCAT L26H64         | 1,11   | a | 85,33    | ab | 9,92  | ab | 25,92     | a | 2,18    | a | 1,19    | ab |
| T0 - JHVH.-10 (Testigo)*         | 1,21   | a | 81,33    | ab | 10,40 | ab | 19,36     | a | 2,27    | a | 1,25    | a  |
| Promedio                         | 1,25   |   | 78,76    |    | 10,89 |    | 23,00     |   | 2,31    |   | 1,25    |    |
| CV (%)                           | 12,21  |   | 11,31    |    | 16,31 |    | 23,18     |   | 5,26    |   | 4,20    |    |
| Max                              | 1,41   |   | 98,00    |    | 14,76 |    | 33,70     |   | 2,47    |   | 1,32    |    |
| Min                              | 0,97   |   | 67,00    |    | 7,95  |    | 18,81     |   | 2,17    |   | 1,07    |    |

Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ )



#### **4.4. Prueba de Corte (%)**

##### **4.4.1. Peso de 100 almendras (g)**

Según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.5$ ) no se encontraron diferencias, hallándose el peso máximo en el T2 (141 g) y T8 (139,33 g) y el valor mínimo en T18 (109,33 g) y T19 (97,33 g), con un promedio general entre tratamientos de (124,92 g).

Los resultados obtenidos según la norma INEN-176, los tratamientos T2 y T8 se clasificaron en la categoría A.S.S.P.S mientras que el tratamiento T18 entra en la categoría A.S.E. Mientras que el T19 no se pueden clasificar como cacao comercial ya que su peso se 100 almendras es muy bajo. Los resultados obtenidos coinciden con los logrados por Espín (2013) cuyos pesos fueron de 148 y 147,50 g en clones Nacionales de cacao y Goya (2013) 146,50 y 141g en híbridos de cacao.

##### **4.4.2. Buena fermentación (%)**

Para esta variable según la prueba de Tukey ( $p \geq 0,05$ ) se encontraron diferencias altamente significativa, dando como resultado una buena fermentación en el T15 (80,33%), superando al T0 (56%), el menor porcentaje de fermentación se halló en el T4 (19.33%), dando como resultado un promedio general entre tratamientos de 124,92%.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Alavarez (2010), el cual realizó la evaluación de la calidad de grano de cacao tipo trinitario en dos tipos de fermentadores, logrando una buena fermentación mayor al 80%, y esto según la normativa Ecuatoriana INEN 176 está sobre el promedio mínimo que estipula un grado de buena fermentación del 65 y 75%. No obstante los resultados obtenidos superan a los logrados por Goya (2013) el cual realizó la prueba de corte en híbridos de cacao obteniendo un total de buena fermentación 62,25 y 61% respectivamente.

#### **4.4.3. Mediana fermentación (%)**

Según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) se encontraron diferencias altamente significativas, teniendo una mejor mediana fermentación el T20 (45,67%) y T7 (33%) superando así al T0 (17%), el valor mínimo de mediana fermentación se halló en T2 (9%), y un promedio total entre tratamientos de 18,02%.

Esto se debe a que existió un porcentaje más alto en la cantidad de granos bien fermentados, diferente a los resultados obtenidos por Espín (2013) quien logro un grado de mediana fermentación con el 79,50 y 62,75% en los tratamientos T19 y T7 respectivamente en clones Nacionales de cacao y Goya (2013) quien obtuvo un porcentaje del 52,25 y 48,50%

#### **4.4.4. Fermentación total (%)**

Según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) se encontraron diferencias altamente significativas, hallándose una mejor fermentación en el T15 (91%) y T18 (87%), superando al T0 (73%) mientras que el T4 presento el porcentaje más bajo de fermentación total con un 41%, existiendo un promedio general entre tratamientos de 75,02%.

Según la norma INEN-176 los tratamientos T15 y T18 se ubican en la categoría A.S.S.P.S ya que lo mínimo requerido en el porcentaje de fermentación total es del 85%, a diferencia del T4 que no puede ser clasificado como cacao comercial debido a que su porcentaje de fermentación total no cumple con los requisitos establecidos por la norma, no obstante los resultados obtenidos por Goya (2013) se hallaron porcentajes del 97,95 y 96% en híbridos de cacao, al igual que Espín (2013) quien logro un porcentaje de fermentación en clones nacionales del 95,25 y 94,50%.

#### **4.4.5. Violetas (%)**

Según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) se encontraron diferencias significativas, entre los cuales los tratamientos T18 y T15 obtuvieron en menor porcentaje de almendra violetas con un 8 y 10,67% respectivamente, mientras el T4 y T5 presentaron los porcentajes más altos con 41,67 y 34,67%, habiendo un promedio general entre tratamientos de 20,43%.

Esto según la norma INEN-176 el T18 es clasificado en la categoría A.S.S.P.S ya que el máximo establecido en dicha categoría es del 10%, mientras que el T15 es clasificado en la categoría A.S.S.S cuyo máximo requerido es del 15 %, por otro lado los tratamientos T4 y T5 no pueden ser clasificados como cacao comercial ya que no entran en ninguna de las categorías comerciales, por otro lado estos resultados no superan a los obtenido por Goya, (2013) los cuales obtuvieron porcentajes del 3% de almendras violetas, al contrario de Palacios (2008) quien logro un porcentaje de 20,46 y 29,54% de almendras violetas.

#### **4.4.6. Pizarras (%)**

Los mayores promedios para esta variable se presentaron en T3 (8%) y T12 (6%), mientras que los tratamientos con menor cantidad de almendra pizarras se hallaron en T8 (0,33%) y T6 y T14 ambos con (0,67%), habiendo un promedio general entre tratamientos de 3,19%, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) no se encontraron diferencias. Y según la norma INEN-176 todos los tratamientos se clasifican en la categoría A.S.S.P.S ya que según la norma los porcentajes devenir entre un 4 al 18%. Este porcentaje se debe ya que al momento de la cosecha se recolectan frutos que no se encontraban en un adecuado grado de madurez según Rohan (1964), citado por Guzman (2010).

#### **4.4.7. Almendras con otros daños (%)**

Según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) se encontraron diferencias altamente significativas, de los cuales solo se encontraron daños en los tratamientos T4, T19 T20 y T0 (JHVVH-10)\* hallándose el mayor porcentaje de daños en el T4 (12,67%), algo similar sucedió en la pruebas de cortes realizadas por Pastorelly (1992) en algunos tipos de cacao, en los cuales existieron pocas muestras con daños en cuyo caso dicho valor máximo no excedió el 4%.

**Cuadro 8.** Promedios estadísticos de la prueba de corte (p.100 alm: peso de cien almendras; bf: buena fermentación; ft: fermentación total; violeta, pizarra; hongo; insectos; arriba) en almendras de 20 híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao L.*) provenientes de la finca experimental la represa“. FCP. UTEQ. 2015.

| TRATAMIENTO                      | P. 100 Alm. (g) |   | BF    |     | MF    |    | FT    |    | Violeta |    | Pizarra |   | Hongo |    | Insectos |   | Arriba     |
|----------------------------------|-----------------|---|-------|-----|-------|----|-------|----|---------|----|---------|---|-------|----|----------|---|------------|
| T1 - LR 14 X CCAT 11H19          | 135,67          | a | 45,33 | abc | 28,00 | ab | 73,33 | ab | 22,33   | Ab | 3,67    | a | 0,00  | c  | 0,67     | a | A.S.S.     |
| T2 - LR14 X CCAT L49 H 98        | 141,00          | a | 61,00 | ab  | 9,00  | b  | 70,00 | ab | 24,00   | Ab | 4,00    | a | 0,00  | c  | 2,00     | a | A.S.S.     |
| T3 - LR 16 X CCAT L11H19         | 134,67          | a | 45,67 | abc | 16,33 | b  | 62,00 | ab | 28,33   | Ab | 8,00    | a | 0,00  | c  | 1,67     | a | A.S.S.     |
| T4 - LR 17 X CCAT L11H19         | 125,67          | a | 19,33 | c   | 21,67 | ab | 41,00 | ab | 41,67   | A  | 5,00    | a | 12,67 | a  | 0,33     | a | -----      |
| T5 - LR14 X CCAT L18 H 58        | 129,67          | a | 36,00 | bc  | 25,33 | ab | 61,33 | ab | 34,67   | ab | 3,00    | a | 0,00  | c  | 1,00     | a | A.S.S.     |
| T6 - LR18 X CCAT L46H75          | 122,67          | a | 58,67 | ab  | 16,00 | b  | 74,67 | ab | 23,33   | ab | 0,67    | a | 0,00  | c  | 1,33     | a | A.S.S.     |
| T7 - LR18 X CCAT L46H88          | 126,33          | a | 46,33 | abc | 33,00 | ab | 79,33 | a  | 20,67   | ab | 2,33    | a | 0,00  | c  | 1,00     | a | A.S.S.S.   |
| T8 - LR16 X EET-103 (Tenguel 25) | 139,33          | a | 70,67 | ab  | 12,67 | b  | 83,33 | a  | 15,67   | ab | 0,33    | a | 0,00  | c  | 0,67     | a | A.S.S.S.   |
| T9 - LR16 X CCAT L18 H58         | 132,00          | a | 57,67 | ab  | 12,00 | b  | 69,67 | ab | 27,67   | ab | 2,67    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.     |
| T10 - LR18 X CCAT L49H98         | 139,67          | a | 69,67 | ab  | 10,00 | b  | 79,67 | a  | 19,33   | ab | 1,00    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.S.   |
| T11 - LR14 X CCAT L26H64         | 118,33          | a | 59,67 | ab  | 17,33 | b  | 77,00 | a  | 21,67   | ab | 2,00    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.S.   |
| T12 - LR 17 X CCAT L49H98        | 117,00          | a | 66,33 | ab  | 9,67  | b  | 76,00 | a  | 18,00   | ab | 6,00    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.S.   |
| T13 - LR17 X CCAT L46H75         | 119,33          | a | 67,67 | ab  | 11,00 | b  | 78,67 | a  | 16,33   | ab | 4,67    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.S.   |
| T14 - LR20 X CCAT L49H98         | 132,67          | a | 69,00 | ab  | 9,33  | b  | 78,33 | a  | 21,00   | ab | 0,67    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.S.   |
| T15 - LR14 X CCAT L12H30         | 134,67          | a | 80,33 | a   | 10,67 | b  | 91,00 | a  | 10,67   | ab | 4,00    | a | 0,00  | c  | 0,00     | a | A.S.S.P.S. |
| T16 - LR14 X CCAT L15H31         | 115,67          | a | 69,67 | ab  | 11,00 | b  | 80,67 | a  | 11,33   | ab | 5,33    | a | 0,00  | c  | 2,67     | a | A.S.S.S.   |
| T17 - LR 14 X CCAT L46H57        | 120,67          | a | 61,33 | ab  | 21,33 | ab | 82,67 | a  | 12,00   | ab | 4,33    | a | 0,00  | c  | 1,00     | a | A.S.S.S.   |
| T18 - LR18 X CCAT L26H64         | 109,33          | a | 56,67 | ab  | 30,33 | ab | 87,00 | a  | 8,00    | ab | 1,67    | a | 0,00  | c  | 2,67     | a | A.S.S.P.S. |
| T19 - LR16 X CCAT L46H75         | 97,33           | a | 61,00 | ab  | 11,00 | b  | 72,00 | ab | 20,67   | ab | 2,00    | a | 2,33  | b  | 3,33     | a | A.S.S.     |
| T20 - LR17 X CCAT L26H64         | 111,00          | a | 39,00 | bc  | 45,67 | a  | 84,67 | a  | 11,00   | ab | 3,00    | a | 0,33  | bc | 1,00     | a | A.S.S.S.   |
| T0 - JHVH.-10 (Testigo)*         | 120,67          | a | 56,00 | ab  | 17,00 | b  | 73,00 | ab | 20,67   | ab | 2,67    | a | 1,67  | bc | 2,00     | a | A.S.S.     |
| Promedio                         | 124,92          |   | 57,00 |     | 18,02 |    | 75,02 |    | 20,43   |    | 3,19    |   | 0,81  |    | 1,02     |   |            |
| CV (%)                           | 12,21           |   | 20,08 |     | 46,37 |    | 14,61 |    | 48,32   |    | 121,90  |   | 90,75 |    | 174,07   |   |            |
| Max                              | 141,00          |   | 80,33 |     | 45,67 |    | 91,00 |    | 41,67   |    | 8,00    |   | 12,67 |    | 3,33     |   |            |
| Min                              | 97,33           |   | 19,33 |     | 9,00  |    | 41,00 |    | 8,00    |    | 0,33    |   | 0,00  |    | 0,00     |   |            |

Los promedios con letras diferentes, difieren directamente entre si, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 5.1. Conclusiones

- Los híbridos de cacao que resultaron ser auto-compatibles fueron el T5, T6, T7, T10, T12, T14 y T15 con un porcentaje entre 46 y 60 %, mientras que el resto de los tratamientos obtuvieron porcentajes muy bajos incluido el T0-JHV-10.
- Respecto a la morfología de la flor los híbridos que presentaron los valores más altos fueron el T15 y el T14, los culés obtuvieron el mayor tamaño (1,95 y 1,92 cm) y peso de flor y (0,050 y 0,051 mg) respectivamente.
- En las pruebas de calidad física el T2 y T5 obtuvieron IM de 1,41 g, mientras que el T3 registro 67 unid en el NA 100g y en el IM el T1 obtuvo 18,81 mazorcas para completar 1kg de peso seco de cacao.
- Al realizar la prueba de corte según la norma INEN-176 de calificación comercial de cacao, el T15 y T18 entraron en la categoría A.S.S.P.S. (Arriba Superior Summer Plantación Selecta), mientras que el T4 el no entro en la categoría comercial ya que registro el 41% de fermentación total por debajo de los estándares requeridos.

## **5.2. Recomendaciones**

- Seleccionar y establecer en futuros ensayos regionales la línea híbrida T5 - LR14 X CCAT L18 H 58 que registró un porcentaje alto de Auto-compatibilidad.
- Tomar en cuenta los híbridos T2 y T10 y T15 que sobresalieron en las pruebas de corte y de calidad física, para futuros ensayos.



## **CAPÍTULO VI**

### **6. LITERATURA CITADA**

## 6.1. Bibliografía.

Alavarez, Tovar, Garcia, Morillo, Sanchez, Giron & Farias. 2010. «Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) usando dos tipos de fermentadores .» *Revista Científica UDO Agrícola*.

Alvares, Perez & Lares. 2007. «Caracterización física química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Aragua Estados.» *Agronomía tropical*.

Anecacao. 2013. «Historia del cacao en el Ecuador.» *Disponible en línea*. <http://www.anecacao.com/es/historia-del-cacao/> (último acceso: 2014).

Angulo, Graziani , Ortiz & Parra. 2002. «Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela.» *Agronomía Tropical*.

APPCACAO. 2013. «Cosecha y postcosecha del cacao.» .

Arciniegas. 2005. «Caracterización de árboles superiores de cacao (Theobroma cacao L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético de Caite.» Tesis, 17.

Arevalo. 1972. «Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao.» Tesis,

Arpide. 2007. *Los tipos de cacao*. <http://www.afuegolento.com/noticias/125/firmas/arpide/4587/los-tipos-de-cacao/>.

Baena & Garcia. 2012. «Obtencion y caracterizacion de fibra dietariaa partir de cascarilla de las semillas tostadas de Thebroma cacao L. de una industria chocolatera colombiana.» Tesis,

Bravo. 2010. «Evaluacion fisicoquimica del comprtamiento de la almendras de cacao (Thebroma cacao L.) de seis clones ICS-1, ICS-95, UF613, IMC-67, TSH.565, CCN-51. y el cacao Criollo durante el proceso de fermentacion y secado.» Tesis.

Cabezas, Mavisoy, Cerda, Ballesteros & Perez. 2013. «Evaluador de las abundancias de polinizadores de cacao (Thebroma cacao L.) en la hojarasca de siete especies de sombra en cacaotales.» Tesis.

Camacho, Ortiz & Graziani. 2004. «Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao.» *Agronomia Tropical*.

Carmona & Eguiguren. 2012. «Estudio del cacao y propuesta gastronomica del autor.» Tesis, 31.

Córdoba, Creda, Dehelvuel, Hidalgo & Declerck. 2013. «Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá.» *biblioteca.catie.ac.cr/*, nº 49.

Cordova, Sanchez , Estrella , Macias , Sandoval , Martinez & Ortiz. 2001. «Factores que afectan la produccion de cacao (Theobroma cacao L.) en el Ejido Francisco Maderodel plan Chocoplanta Tabasco, Mexico.» *Universidad y Ciencia*.

Cubillos, Merizalde & Correa. 2008. *Manual de beneficio del cacao* . Medellin: Colombia S.A.

Enriquez. 2004. *Cacao organico "Guia para productores ecuatorianos"*. Quito: Unidad de documentacion o informacion Tecnica Agropecuaria INIAP-Administracion Cental.

Espín. 2013. «Caracterización física-química y sensorial de 13 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional establecidos en la Finca "La Rpresa" para obtención de pasta.», 57-58.

Esteves, Magalhães, Amaral, Ramos, Santos & Ahnert. 2009. «Performance polínica em cacaueiros (*Theobroma cacao* L.) autocompatíveis e autoincompatíveis.» *Brazilian Journal of Botany*.

Fajardo, Mancera, Tellez, Andrade, Ferandez & Monter. 2012. «Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao.» *Fitotex Mex*.

Flores. 2012. «Evaluación y selección de árboles elites como una alternativa al florecimiento de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Finca Experimental "La Represa".» 32.

García. 2008. *Complejos o Grupos Germoplásticos*. <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/205.pdf>.

Gonzales & Lady. 2011. «Cacao fino y de aroma del Ecuador : Cacao Arriba.» *Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía*.

Goya. 2013, 85-86.

Graziani, Ortiz, Lemus & Parra,. «Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacao sobre algunas características químicas durante la fermentación.» *Scielo*, 2002.

Guzman. 2010 «Determinación de perfiles organolepticos en ocho grupos de cacao mediante la degustacion de licor de cacao y chocolates oscuros elaborados artesanalmente.», 15.16.

Hardy. 1961. *Manual de cacao*. SIC.

Laje. 2013. «Evaluacion de la Autocompaibilidad en lgunos cultivares de cacao (Thebroma cacao L.) tipo Nnacional y Trinitario den el Litoral ecuatoriano.»

Lopéz. 1980. «Observaciones preliminares de las características de la copas de arboles de Cacao hobrido Internacional y Nacional con relacion a los rendimientos.» Tesis.

Martinez. 2007. «Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones elites de alto Beni. Bolivia.» Tesis.

Mendoza & Álvarez. 2013. «Evaluacion de la coseha inicial de cuatro clones de cacao (Thebroma cacao L.) en asociacion con Fenan Sanchez (Triplaris cumingiana F.) y Teca (Tectona grandis L.).», 41.

Montalván, Oscar, Navarro, Isidro, Mendoza & Melba. 2011. *Caracterizacion de cultivares de cacao en cinco municipios de la raan.*

Montesinos. 2012. *Caracterizacion de la cadena agroproductiva de cacao en el Salvador.*

Mora, Archiniegas, Montamayor & Mata. 2012. *Catalogo de clones de caco seleccionados por el CAITE para siembra comerciales.*

Nogales, Graziani & Ortiz. 2006. «Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera1.» *Agronomía Trop.*

Noriega. «Determinación de la habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo nacional seleccionados por INIAP en la Estación Experimental Litoral Sur (EELS).» *Repositorio.espe.edu.ec*, s/f.

Ortiz, Angulo, Parra & Graziani. 2002. «Características físicas del fruto de cacao tipos Criollo, Forastero y Trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela.» *Agronomía Trop.*

Ortiz, Trujillo, Graziani & Torres. 2004. "Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de cuyagua sobre características del grano en fermentación." *Ciencia y Tecnología.*

Padilla. 1995. «Determinación de la autocompatibilidad de 21 plantas elites seleccionadas en un ensayo comparativo de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.).» Tesis,

Palacios. 2008. «Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao* L.) producidos en zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano.», 64.

Pastorelly. 1992. «Evaluación de algunas características del cacao tipo Nacional de la zona de Tenguel.» Tesis.

Peña. 2003. «Caracterización morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.» Tesis.

Pineda, Chica & Luz. 2012. «Influencia de la fermentacion y el secado al sol sobre la características del grani de cacao TSH 565 E ICS 60.» *Vitae*.

Quinaluisa. 1990. «Estudio de la comptiilidad de arboles seleccionados por productividad y sanidad en un grupo de progenies hibridas provenientes de cruces entre cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y otros origenes geneticos.», 19.

Quiroz. 1990. «Estudio de la conpatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Thebroma cacao* L.).» Tesis.

Reyes, Romero & Vivas. 1999. *La calidad en el cacao (Factores determinantes de la calidad)*.  
[http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd61/calicac.html](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd61/calicac.html).

Rivera, Mecías, Guzman, Peña, Medina, Cazanoba, Barrera & Nivelá. 2012. «Efecto del tipo y tiempo de fermentacion en la calidad física y química del cacao (*Thebroma cacao* L.) tipo nacional.» *uteq.edu.ec*.

Rodriguez. 2006. *Estructura y dinamicade la cadena de cacao en el Ecuador*.  
Junio de  
[http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10338/22/Dinamica\\_cadena\\_cacao\\_Ecuador.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10338/22/Dinamica_cadena_cacao_Ecuador.pdf).

Rosado. *Polinizadores y viodiversidad*. s/f.  
[http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe\\_tecnico.pdf](http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf).

Rosero, Toapanta & Vargas. 2008 «Diseño de una maquina sepradora de la semilla del cacao .» Tesis, 9.

Salto. 2005. «Efecto de metodos de fermentacion, frecuencias de remocion y volumen variables de masa fresca de cacao sobre la calidad fisica y organoleptica del complejo "Nacional x "Trinitario".» Tesis.

Sanchez. 2007. «Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial.» Tesis.

Saucedo. 2004. «Comportamiento de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en la zona de Quevedo.» Tesis.

Soria, Quiroz & James. 1992. «Caracterización fenológica del cacao Nacional de Ecuador. EET Pichilingue. INIAP.»

Suarez, Moreira & Vera. 1993. *Manual del cultivo de cacao 2 Edición*. QUITO: Unidad de documentación e información Técnica Agropecuaria INIAP-Administración General.

Tarqui. 2010. «Evaluación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de plantulas híbridas seleccionadas por resistencia a la enfermedad escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*).» Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 7-8.

Tinoco & Ospina. 2010. «Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado.» *Revista EIA*.

Torres. 2012. *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico*.

Triviño. 2013. «Chocolate: historia de un nahuatlismo.» *Estudios de cultura náhuatl*,



Vargas, Dominguez & Martinez. 2008. "Mejoramiento de la poscosecha del cacao a partir del roadmapping." *Ingeiería e Investigación*.

Vera. «Guía para el mejoramiento de la calidad del cacao nacional.» Boletín.

Zambrano. 2000. «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.», 45-46.

Zambrano, Gomez, Ramos, Romero, Lacruz & Rivas. 2010. «Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado.» *Agronomía Tropical*.

Zapata, Tamayo & Rojano. 2013. «Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano.» *Revista Cubana de plantas medicinales*.

Comentado [CXVA2]:

## **CAPÍTULO VII.**

### **7. ANEXOS**

## 7.1. Cuadros de Anexo

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para las variables de Auto-compatibilidad y Calidad física de la almendra (%P: Porcentaje de polinización; IS: Índice de semilla, NA100g: Numero de almendras en 100 gramos; %T: Porcentaje de almendras; IM: Índice de mazorca; LA: La de almendra; AA: Ancho de almendra) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Fina Experimental "La Represa" FCP. UTEQ. 2015.

| Cuadrados medios |    |       |      |         |      |       |      |      | F. Tabla |      |
|------------------|----|-------|------|---------|------|-------|------|------|----------|------|
| F.V              | gl | % P   | IS   | NA 100g | % T  | IM    | LA   | AA   | 5%       | 1%   |
| Tratamiento      | 20 | 19,29 | 0,04 | 152,34  | 6,48 | 41,64 | 0,02 | 0,01 | 1,84     | 2,37 |
| Error Exp        | 42 | 6,09  | 0,04 | 79,35   | 3,15 | 27,96 | 0,02 | 2,7  |          |      |
| Total            | 62 |       |      |         |      |       |      |      |          |      |
| Significancia    |    | ns    | ns   | *       | *    | ns    | ns   | **   |          |      |
| Tukey            |    | 7,68  | 0,47 | 27,68   | 5,52 | 16,43 | 0,38 | 0,16 |          |      |
| Error Estandar   |    | 1,42  | 0,09 | 5,14    | 1,03 | 3,05  | 0,07 | 0,03 |          |      |

Altamente significativo \*\*

Significativo \*

No significativo ns

**Cuadro 2.** Análisis de varianza para las variables de morfología de la flor (TF: tamaño de la flor; PF: peso de la flor; LS: largo de sépalo; AS: ancho de sépalo; LP: largo de pétalo; AP: ancho de pétalo; TP: tamaño de pedúnculo) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Finca Experimental "La Represa" FCP. UTEQ. 2015

| Cuadrados medios |    |      |      |      |    |      |    |      | F. Tabla |      |
|------------------|----|------|------|------|----|------|----|------|----------|------|
| F.V              | gl | TF   | PF   | LS   | AS | LP   | AP | TP   | 5%       | 1%   |
| Tratamiento      | 20 | 0,7  | 0,05 | 0,01 | 0  | 0,01 | 0  | 0,06 | 1,84     | 2,37 |
| Error Exp        | 42 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0  | 0,03 | 0  | 0,07 |          |      |
| Total            | 62 |      |      |      |    |      |    |      |          |      |
| Significancia    |    | **   | **   | *    | ns | **   | ns | ns   |          |      |
| Tukey            |    | 0,27 | 0,02 | 0,15 | 0  | 0,16 | 0  | 0,79 |          |      |
| Error Estandar   |    | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0  | 0,03 | 0  | 0,15 |          |      |

Altamente significativo \*\*

Significativo \*

No significativo ns

**Cuadro 3.** Análisis de varianza de las variables de prueba de corte (P100alm: peso de 100 almendras; BF: buena fermentación; MF: mediana fermentación; TF: total de fermentación; violeta; pizarra; hongo; insectos) de 20 híbridos interclonales de cacao, obtenidos en la Finca Experimental “La Represa. FCP. UTEQ. 2015.

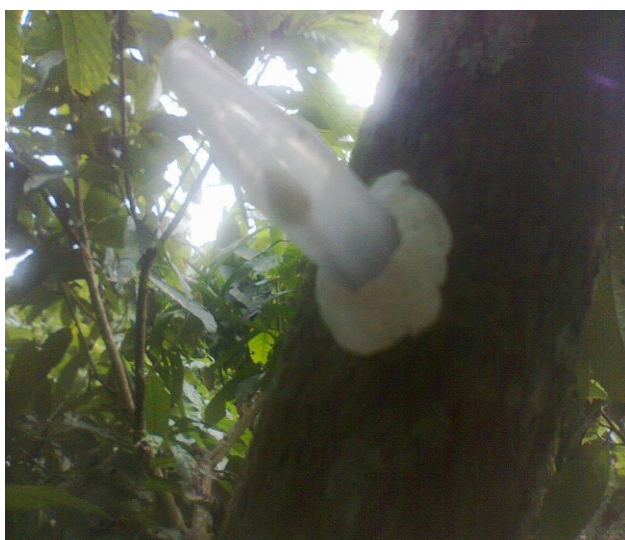
| Cuadrados medios |    |             |        |        |        |         |         |       |          | F. Tabla |      |
|------------------|----|-------------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|----------|----------|------|
| F.V              | gl | P. 100 Alm. | BF     | MF     | FT     | Violeta | Pizarra | Hongo | Insectos | 5%       | 1%   |
| Tratamiento      | 20 | 0,04        | 603,2  | 282,58 | 345,65 | 200,17  | 11,42   | 23,25 | 3,18     | 1,84     | 2,37 |
| Error Exp        | 42 | 0,04        | 131,05 | 69,79  | 120,19 | 97,43   | 15,13   | 0,54  | 3,18     |          |      |
| Total            | 62 |             |        |        |        |         |         |       |          |          |      |
| Significancia    |    | ns          | **     | **     | **     | *       | ns      | **    | ns       |          |      |
| Tukey            |    | 0,47        | 35,57  | 25,96  | 34,07  | 30,67   | 12,09   | 2,28  | 5,5      |          |      |
| Error Estándar   |    | 0,09        | 6,61   | 4,82   | 6,33   | 5,7     | 2,25    | 0,42  | 1,02     |          |      |

Altamente significativo \*\*

Significativo \*

No significativo ns

## 7.2. Figuras del Anexo



**Figura 1.** Tapado de los botones florales para previos a la polinización, Finca Experimental “La Represa” 2015.



**Figura 2.** Polinización controla de híbridos de cacao Finca Experimental “La Represa” 2015.



**Figura 3.** Flor fecundada a los 7 días de la polinización, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.



**Figura 4.** Cosecha de los materiales, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.



**Figura 5.** Pesado de los frutos para obtención de muestras, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.



**Figura 6.** Fermentado de las muestras cosechadas, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.





**Figura 7.** Descascarillado de almendras para las pruebas de % de testa, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.



**Figura 8.** Pesado de las cascarillas, FINCA EXPERIMENTAL “LA REPRESA” 2015.