



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**CARACTERIZACIÓN Y COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE  
CLONES ÉLITES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL CANTÓN BOLÍVAR**

**AUTORES:**

**JOYCE NATHALY FLECHER PRECIADO**

**JESÚS IVÁN SÁNCHEZ DUEÑAS**

**TUTOR:**

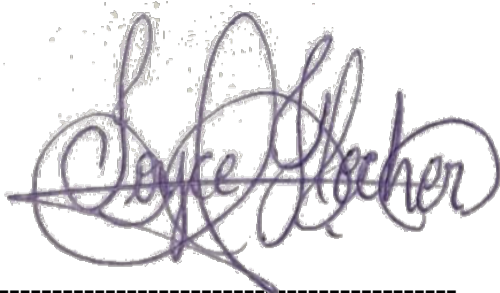
**ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI PhD.**

**CALCETA, FEBRERO DE 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

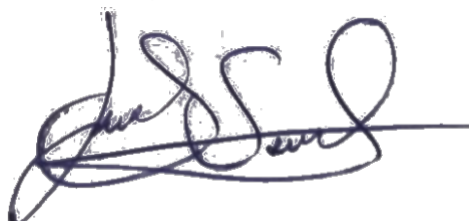
Yo; Flecher Preciado Joyce Nathaly, con cédula de ciudadanía 131459059-5, y Sánchez Dueñas Jesús Iván con cédula de ciudadanía 135024204-4 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN Y COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL CANTÓN BOLÍVAR** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creativos e Innovación.



-----  
**JOYCE NATHALY FLECHER  
PRECIADO**

**CC: 131459059-5**



-----  
**JESÚS IVÁN SÁNCHEZ DUEÑAS**

**CC: 135024204-4**


## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Flecher Preciado Joyce Nathaly con cédula de ciudadanía 1314590595-5 y Sánchez Dueñas Jesús Iván con cédula de ciudadanía 135024204-4 autorizamos a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución de Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN Y COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL CANTÓN BOLÍVAR**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



-----  
**JOYCE NATHALY FLECHER PRECIADO**

**CC: 131459059-5**



-----  
**JESÚS IVÁN SÁNCHEZ DUEÑAS**

**CC: 135024204-4**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

**ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI, PhD.**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN Y COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL CANTÓN BOLÍVAR**, que ha sido desarrollado por FLECHER PRECIADO JOYCE NATHALY y SÁNCHEZ DUEÑAS JESÚS IVÁN, previo a la obtención del título de INGENIERO AGRÍCOLA, de acuerdo con el REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI, PhD.**

**CC: 0600994115**

**TUTOR**



## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN Y COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL CANTÓN BOLÍVAR**, que ha sido desarrollado por, FLECHER PRECIADO JOYCE NATHALY y SÁNCHEZ DUEÑAS JESÚS IVÁN, previa la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

-----  
**ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO  
GARCÍA MG**

**CC:131195683-1**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----  
**ING. CRISTIAN SERGIO  
VALDIVIESO LOPEZ MG.**

**CC:171792928-3**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

-----  
**ING. SERGIO MIGUEL VELEZ  
ZAMBRANO**

**CC:131047677-3**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A Dios, por ofrecernos diariamente bendiciones, la fuerza y la perseverancia en nuestros estudios, y sobre todo por brindándonos la oportunidad de acompañar a nuestras familias y seres queridos;

A nuestros padres, por ser siempre nuestros principales educadores, motivadores y formadores de lo que somos ahora como persona;

Al Ingeniero Luis Alberto Duicela Guambi, PhD., por su apoyo como tutor en esta investigación.

A todos los ingenieros de la carrera de Ingeniería Agrícola por brindarnos sus conocimientos que nos ayudaron en nuestra formación y ayudarán en nuestro futuro laboral, también agradecemos de manera especial nuestros amigos que estuvieron pendiente cuando lo necesitábamos a nuestro amigo Byron Ponce y también al Ing. William Chilán y a la Ing. Geoconda López, por la ayuda brindada, comprensión, amistad y amabilidad que siempre nos ofrecen.

**JOYCE NATHALY FLECHER  
PRECIADO**

**JESÚS IVÁN SÁNCHEZ DUEÑAS**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios principalmente por ser el forjador de mi camino, quien me acompaña y guía para que no decaiga, por acompañarme en los días donde ya no podía seguir.

A mi madre por ser el pilar fundamental en mi vida, por haber apoyado hasta el último momento en mis estudios, por acompañarme en las desveladas para culminar mis trabajos.

A mis hermanos por ser las personas que me han motivado a seguir sin mirar atrás para no rendirme.

A mis tíos, primos y amigos que han estado en constante apoyo, dándome ánimo para culminar mis estudios, quienes han sido testigo de mi constante

A mis ángeles que me cuidan y me bendicen siempre, que desde el cielo están orgullosos de cada paso que he dado y llegado y saben hasta donde llegaré, por ellos y para ellos va dedicada mi tesis.

**JOYCE NATHALY FLECHER PRECIADO**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de titulación a Dios, por darme la oportunidad de vivir, guiar mi camino y fortalecer mi vida por haberme puesto en el camino personas que han sido un soporte y compañía durante todo mi proceso estudiantil.

A mis Abuelos, mi madre por haberme apoyado en mis estudios por eso le doy gracias ya que sin el apoyo de ellos no hubiera llegado hasta donde estoy ahora.

A mis tías, primos por estar conmigo y apoyarme siempre y brindarme palabras de aliento.

A toda mi familia y amigos de la infancia que estuvieron apoyándome dándome consejos, también agradezco a mi ángel que está en el cielo y sé que desde allá está orgulloso de mi porque él fue parte fundamental en mi vida y sé que desde allá guía e ilumina mi camino.

**JESÚS IVÁN SÁNCHEZ DUEÑAS**

## CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....                        | ii   |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICIDAD .....                     | iii  |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....                        | iv   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....                        | v    |
| AGRADECIMIENTO .....                                 | vi   |
| DEDICATORIA .....                                    | vii  |
| DEDICATORIA .....                                    | viii |
| CONTENIDO .....                                      | ix   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                | xi   |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS .....                             | xii  |
| RESUMEN .....  | xiii |
| ABSTRACT .....                                       | xiv  |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....                       | 1    |
| 1.1. PLANTAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....   | 1    |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....                             | 2    |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                 | 3    |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                        | 3    |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                   | 3    |
| 1.4. HIPÓTESIS .....                                 | 3    |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....                     | 4    |
| 2.1. BOTÁNICA DEL CAFÉ .....                         | 4    |
| 2.2. SISTEMÁTICA DEL CAFÉ .....                      | 4    |
| 2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAFÉ ROBUSTA ..... | 5    |
| 2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE .....             | 6    |
| 2.4.1. TALLO Y RAMAS .....                           | 6    |
| 2.4.2. HOJAS .....                                   | 8    |
| 2.4.3. FLOR .....                                    | 8    |
| 2.4.4. FRUTO .....                                   | 8    |
| 2.4.5. RAÍZ .....                                    | 9    |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.6. SEMILLAS Y GERMINACIÓN .....  | 9  |
| 2.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS .....                            | 10 |
| 2.6. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CAFÉ .....                                  | 10 |
| 2.7. COMPATIBILIDAD GAMETOFÍTICA .....                                     | 11 |
| 2.8. POLINIZACIÓN DEL CAFÉ .....   | 11 |
| 2.9. COMPATIBILIDAD DE LA MEJORA VEGETAL .....                             | 12 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....                                | 14 |
| 3.1. UBICACIÓN .....   | 14 |
| 3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS .....                                | 15 |
| 3.2. DURACIÓN .....  | 15 |
| 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS .....  | 15 |
| 3.4. MATERIAL VEGETAL – FACTOR EN ESTUDIO .....                            | 15 |
| 3.5. CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN ESTUDIO .....                               | 16 |
| 3.6. CRUZAMIENTOS .....  | 16 |
| 3.7. VARIABLES EN ESTUDIO .....  | 17 |
| 3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....  | 19 |
| 3.9. SELECCIÓN DE CULTIVARES DE CAFÉ ROBUSTA .....                         | 20 |
| 3.10. MATRIZ DE CRUZAMIENTO CLONALES .....                                 | 21 |
| 3.11. TÉCNICA DE POLINIZACIÓN MANUAL .....                                 | 21 |
| 3.12. RIEGO .....  | 22 |
| 3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....   | 22 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                  | 24 |
| 4.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS .....                                     | 24 |
| 4.2. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS .....                                     | 26 |
| 4.3. CARACTERÍSTICAS FITOSANITARIAS .....                                  | 28 |
| 4.4. COMPATIBILIDAD .....  | 29 |
| 4.5. CORRELACIÓN LINEAL ENTRE VARIABLES AGRONÓMICAS Y<br>PRODUCTIVAS ..... | 33 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                           | 35 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 36 |
| ANEXOS .....   | 40 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Taxonomía .....   | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Principales características del café robusta .....  | 6  |
| <b>Tabla 3.</b> Requerimientos edafoclimáticos del café robusta .....   | 10 |
| <b>Tabla 4.</b> Datos climatológicos .....  | 15 |
| <b>Tabla 5.</b> Clones de café robusta en Bolívar, Manabí .....   | 16 |
| <b>Tabla 6.</b> Cruzamientos entre clones de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 17 |
| <b>Tabla 7.</b> Escala ordinal para la medición del estado sanitario .....  | 18 |
| <b>Tabla 8.</b> Plantas seleccionadas de clones de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 20 |
| <b>Tabla 9.</b> Matriz de cruzamientos de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 21 |
| <b>Tabla 10.</b> Variables agronómicas de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 25 |
| <b>Tabla 11.</b> Estadísticos descriptivos de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 25 |
| <b>Tabla 12.</b> Características productivas de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 27 |
| <b>Tabla 13.</b> Estadísticos descriptivos de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....  | 27 |
| <b>Tabla 14.</b> Datos de fecundación después de los 15 días de las polinizaciones entre clones de café robusta en Bolívar, Manabí .....                    | 30 |
| <b>Tabla 15.</b> Polinizaciones fecundadas a los 60 días de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....                                    | 30 |
| <b>Tabla 16.</b> Compatibilidad entre clones de café robusta de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....                                | 32 |
| <b>Tabla 17.</b> Cruzamientos de mayor efectividad de los clones de café robusta de Bolívar, Manabí .....   | 33 |
| <b>Tabla 18.</b> Matriz de correlaciones lineales entre variables agronómicas y productivas de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí ..... | 34 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Clones élites de Café Robusta en la ESPAM MFL .....  | 14 |
| <b>Gráfico 2.</b> Vigor vegetal a los ocho meses de evaluación de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí ..... | 28 |
| <b>Gráfico 3.</b> Incidencia de mancha de hierro de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí .....               | 29 |



## RESUMEN

El objetivo del estudio fue caracterizar la compatibilidad genética de los clones de café robusta en el cantón Bolívar, investigación que se realizó en el lote de clones de café robusta de la ESPAM MFL, provincia Manabí. Para los análisis de las variables agronómicas y productivas del estudio se utilizaron estadísticos descriptivos y para el análisis de intercompatibilidad se utilizó la distribución binomial con una probabilidad efectiva de  $\geq 30\%$  para determinar los mejores cruzamientos con polinizaciones inducidas. Siendo así que, de las 1507 polinizaciones, obtuvimos un 42,6% de fecundaciones en total. En cuanto a los resultados obtenidos se indica que los clones no superan los 2,50 m de altura y de producción de 1,0 kilo de café oro por cafeto. Para los cruzamientos que tuvieron un nivel de sobrevivencia mayor al 80% fueron: LG-S02 x SICA-04, COF-06 x LG-S02, COF06 x SICA-05, COF-01 x SICA-04, COF-01 x LG-S02, LG-S02 x SICA-05, SICA-03 x SICA-05, COF-01 x SICA-02 y SICA-02 x SICA-05.

**Palabras claves:** clones, mejoramiento genético, híbridos, compatibilidad

## ABSTRACT

The objective of the following work was to characterize the genetic compatibility of robusta coffee clones in Bolívar canton, research that was carried out in the batch of robusta coffee clones at ESPAM MFL, Manabí province. For the analysis of the agronomic and productive variables of the study, descriptive statistics were used and for the intercompatibility analysis, the binomial distribution was used with an effective probability of  $\geq 30\%$  to determine the best crosses with induced pollinations. Thus, of the 1507 pollinations, 42.6% fertilizations were obtained in total. Regarding the results obtained, it is indicated that the clones do not exceed 2.50 m in height and produce 1.0 kilo of golden coffee per coffee tree. For the crosses that had a survival level greater than 80% they were: LG-S02 x SICA-04, COF-06 x LG-S02, COF06 x SICA-05, COF-01 x SICA-04, COF-01 x LG -S02, LG-S02 x SICA-05, SICA-03 x SICA-05, COF-01 x SICA-02 and SICA-02 x SICA-05.

**Keywords:** Clones, genetic improvement, hybrids, compatibility.

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El café robusta es un cultivo perenne y de uso tradicional; por su fácil manejo y por presentar idoneidad para su explotación bajo sistemas agroforestales y monocultivos, se sigue cultivando pese a la baja productividad y sigue siendo uno de los principales rubros de producción y sostenimiento económico dentro del campo agrícola del Ecuador (Santistevan y Vera, 2013).

La producción cafetalera ecuatoriana tiene una baja productividad (350 kg. de café oro por hectárea) debido a que no han sido renovados durante décadas, a lo cual se suma la deficiencia técnica por parte de los pequeños productores, esto provoca que en el Ecuador presenta un déficit de cerca de 1,4 millones de sacos de café robusta generado por la demanda de la Industria de café soluble en Ecuador que en la actualidad se encuentra importando café (Gualotuña, 2016). Este déficit en la producción ha sido consecuencia principalmente de la falta de renovación de los cafetales, inapropiado manejo agronómico, debilidad de asociación gremial y abandono de plantaciones (Santistevan y Vera, 2013).

Las plantaciones de café robusta resultantes de la campaña de siembra a nivel nacional, evidencian dentro y entre ellas una alta variabilidad fenotípica, fácilmente detectable mediante observación, tanto en la Costa como en la Amazonía. Este fenómeno se explica básicamente por los problemas de autoincompatibilidad, característicos de la especie, lo cual estimula la polinización cruzada y, en consecuencia, la variabilidad en la descendencia (Plaza et al., 2015).

Entre los factores que limitan la producción de café, se destacan los genéticos, ecológicos, fisiológicos, patogénicos y culturales. Dentro del factor genético, en café robusta, existe un problema complejo que es la incompatibilidad, debido a la presencia de barreras genéticas que impide el proceso normal de fecundación de la flor y por consiguiente reduce el potencial de rendimiento del cultivo en condiciones de campo (Camerana et al., 2014).

En más de cuatro décadas de explotación de cultivo y pese a la baja productividad y la caída de los precios en el mercado internacional, este rubro agrícola ha ocasionado retrasos de orden socioeconómico a las familias campesinas, pero sigue siendo uno de los principales rubros de producción y sostenimiento económico, representando aproximadamente el 75 % de los ingresos totales de las fincas cafetaleras (Gualotuña, 2016). Cabe destacar que, en el Ecuador no se han realizado trabajos de investigación cafetalera específicos sobre compatibilidad genética entre clones de café robusta. Esta situación motivó plantear la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe compatibilidad genética significativa entre los clones de café robusta del banco de germoplasma de la ESPAM MFL?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El café robusta es una planta alógama que reúne un conjunto de características fenotípicas y genotípicas que lo distinguen de las demás especies de café. En términos de mejora genética, es importante conocer la compatibilidad de los clones en estudios. Las poblaciones alógamas presentan un alto grado de heterocigosis, esto ofrece la posibilidad de realizar la selección de genes favorables, modificando así la media de la población hacia las variables de interés.

La mejora genética de una población alógama se basa en dos hechos principales: la selección de individuos que han de originar la generación siguiente; y, la forma por la cual dichos individuos seleccionados se han de cruzar entre sí para formar la descendencia. Para mejorar y mantener la productividad del café robusta es necesario establecer plantaciones con ecotipos élites de alta capacidad productiva y resistentes a la roya del café proveniente de procesos de mejoramiento genético. Por tal motivo, se vuelve necesario e importante el estudio y mejoramiento de técnicas de polinizaciones manuales.

De tal manera este proyecto de investigación se direcciona con el documento de la agenda 2030 de la ONU para el desarrollo sostenible, con su objetivo número 2, denominado “Hambre cero”, y menciona “Poner fin al hambre, lograr la seguridad

alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, con su meta 2.5 la cual declara que “De aquí a 2030, mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus correspondientes especies silvestres, entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales conexos y su distribución justa y equitativa, según lo convenido internacionalmente”.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar la compatibilidad genética de clones élites de café robusta en el cantón Bolívar.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Valorar la compatibilidad genética de clones élites de café robusta.
- Caracterizar la agro productividad de clones élites de café robusta.

### **1.4. HIPÓTESIS**

Se evidencia que hay significativa compatibilidad entre clones de café robusta del banco de germoplasma de la ESMPA MFL.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. BOTÁNICA DEL CAFÉ

El género *Coffea* L., comprende más de 130 especies, de las cuales las más cultivadas comercialmente son *C. arábica* L., *C. canephora* P. y *C. libérica* Bull. *Coffea arábica* L. es la especie más importante y la preferida en el mercado, teniendo una participación promedio entre las cosechas 2014-2015 y 2015- 2016 de 58,1 % en la producción mundial (Gatica y Villalta, 2019).

*Coffea canephora* es un árbol robusto con raíz poco profunda que puede alcanzar los 10 metros de altura. El fruto es redondeado y tarda hasta 11 meses en madurar. Su semilla es alargada y más pequeña que la del *C. arábica*, mientras que las hojas por lo general suelen ser más grandes. El café robusta se cultiva en África Central y Occidental, en todo el Sudeste de Asia y un poco en Brasil, donde se le conoce como “Conilón” (Pérez y Rojo, 2014).

### 2.2. SISTEMÁTICA DEL CAFÉ

Según Pereira y Patelli (2021), para describir las características de esta especie *Canephora*, se considera conveniente realizarla comparándolas con las características de *arábica*, que son mejor conocidas en el sector cafetalero.

**Biología de la reproducción.** - mientras que *arábica* es autógama, es decir que es una planta que se puede auto polinizar y reproducir por semillas sin grandes variaciones, *Canephora* es una planta alógama, no se auto poliniza, es auto 78 incompatible y requiere polinización de otras plantas, entonces su reproducción será, para fines comerciales, meramente asexual, en forma vegetativa. Esta característica de reproducción modifica en gran medida las estrategias de mejoramiento y manejo de esta especie.

**Diversidad genética.** - en *arábica* la diversidad de las plantaciones comerciales es muy escasa, esto obedece al hecho de que la mayoría de las plantaciones de América descenden principalmente de dos variedades: Típica y Bourbon, mientras que el café

Robusta por su misma condición de alogamia presenta una gran riqueza genética en la gran mayoría de las características agronómicas, desde tamaño y peso de semilla hasta contenido de cafeína, por citar ejemplos.

**Resistencia a enfermedades.** - La vulnerabilidad de *C. arábica* a la roya y a los nematodos, y el mayor ejemplo ha sido el ataque de la roya en el 2012, que se presentó y extendió rápidamente en los cafetales de América provocando serios daños a la economía de los productores y de los países. Los genes de resistencia a roya en variedades de *C. arábica* provienen mayoritariamente de la especie *canephora*.

**La adaptación.** - El arábica se desarrolla bien en zonas altas arriba de 800 msnm, *canephora* crece bien en altitudes de 200 a 700 msnm. Es importante destacar que café robusta presenta mayores rendimientos de grano que los alcanzados por las variedades de arábica.

**Costo de producción.** - Generalmente por el manejo diferenciado es menor en el cultivo de café Robusta. Algunos autores estiman un costo de producción en *canephora* de 25 a 30 % menor en relación al costo de producción del café arábica

### 2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAFÉ ROBUSTA

Según Eskes (1989), la taxonomía del café es la siguiente:

Tabla 1. Taxonomía

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Reino</b>    | <i>Vegetal</i>                             |
| <b>Subreino</b> | <i>Angiosperma</i>                         |
| <b>Clase</b>    | <i>Dicotiledónea</i>                       |
| <b>Orden</b>    | <i>Rubiales</i>                            |
| <b>Familia</b>  | <i>Rubiaceae</i>                           |
| <b>Género</b>   | <i>Coffea</i>                              |
| <b>Especie</b>  | <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner |

## 2.4. CARACTERÍSTICA DE LA ESPECIE

El café robusta presenta las siguientes características fenotípicas y genéticas (tabla 2).

**Tabla 2.** Principales características del café robusta

| <b>Características</b>                    | <b>Descripción</b>   |
|---|--|
| Tipo de planta:                           | Árbol  |
| Copa:                                     | Irregular  |
| Sistema radicular:                        | Pivotante con raíces laterales y raicillas                   |
| Tallo:                                    | Eje ortotrópico monocaule y a veces multicaule               |
| Ramas:                                    | Plagiotrópicas primarias, secundarias y terciarias           |
| Hojas:                                    | Elípticas, oblongas de ápice agudo                           |
| Inflorescencias:                          | Axilares, de 3 a 5 cimas                                     |
| Flor:                                     | Formada por cáliz, corola, estambres y pistilo. Autoestéril. |
| Fruto:                                    | Drupa elipsoidal o sub oblonga                               |
| Contenido de cafeína (% de materia seca): | 1,3 a 5,2  |
| Fecundación:                              | Alógama  |
| Estructura genética:                      | Diploide   |
| Número de cromosomas:                     | $2n = 22$  |

**Fuente:** Ferwerda y Wit (1987)

La descripción de la forma y estructura de las plantas y de su funcionamiento en respuesta a factores ambientales, de suelo y de manejo agronómico, según López et al. (2016) es la siguiente:

### 2.4.1. TALLO Y RAMAS

Las plantas de café Robusta presentan dos tipos de crecimiento aéreo: vertical u ortotrópico (tallo) y lateral o plagiotrópico (ramas laterales o bandolas).

**Crecimiento vertical u ortotrópico.** - El tallo principal crece a partir del meristemo apical o yema apical, alcanzando una altura de hasta 10 metros a libre crecimiento,



aunque a través del manejo se lleva a una altura conveniente de 4 a 5 metros. El tallo principal es recto, erguido, cilíndrico de forma cónica y liso. La distancia entre los nudos varía entre 15 a 17 centímetros, son alternos, por pares, de donde emergen las ramas o bandolas laterales. Es tallo es el órgano más fuerte ya que sostiene y soporta el sistema vascular del arbusto, de donde emergen las yemas vegetativas que darán origen a los brotes y ramas.

Cabe destacar que la supresión o corte de la punta o ápice del tallo no provoca el estímulo para la formación de nuevas ramas laterales o secundarias como ocurre con las variedades arábicas. Lo que sí provoca el estímulo de yemas vegetativas es el agobio del tallo principal, como también, el corte basal o poda de resepa, en cuyo caso se iniciará la formación de nuevos brotes o “hijos” de la poda (Bustamante, 2014).

**Crecimiento horizontal o plagiotrópico.** - Las ramas o bandolas se desarrollan en las axilas de las hojas ubicadas entre el sexto y séptimo nudo del eje principal; a estas ramas se les llama “cruces” en la fase de almácigo. El largo de las bandolas varía de 65,5 a 92,5 centímetros en plantas de 4 años de edad, que hayan sido sometidas a manejo de tejido del tipo “agobio”. En las bandolas hay presencia de yemas que dan origen a botones florales y posteriormente a frutos; la distancia entre nudos florales varía de 5,7 a 9,2 centímetros.

La planta de café Robusta presenta una primera fase de crecimiento vegetativo, seguido de una fase productiva con la formación de frutos en cada nudo. La planta, básicamente, produce frutos en las partes de la rama o bandola con nuevo crecimiento, donde los nudos vegetativos de un año serán los nudos productivos del siguiente año. En el tejido viejo lignificado de las bandolas no habrá más producción. En los primeros años de campo, la planta presenta crecimiento continuo con producciones crecientes; posteriormente este crecimiento será menor en los extremos de las bandolas lo que reduce la producción de la planta. Por ello será necesario aplicar diferentes tipos de manejo de tejido que permitirán la renovación vegetativa y productiva de la planta (Santistevan y Vera, 2013).

### **2.4.2. HOJAS**

La formación de las hojas se inicia en el ápice del tallo y de las ramas; en ellas se realizan tres procesos fisiológicos que contribuyen al desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas de Robusta: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. La respiración y transpiración se realizan por medio de pequeños orificios que se localizan en el envés de las hojas y son conocidos como estomas (Abad, 2016).

### **2.4.3. FLOR**

Las yemas que dan origen a las inflorescencias están distribuidas en forma axilar en las ramas laterales, en la base de las hojas de cada nudo. Luego de un periodo seco, la lluvia o irrigación, hace que los botones continúen creciendo rápidamente hasta su apertura en flores, lo cual ocurre de 8 a 10 días después de la lluvia. Las flores individuales son completas, hermafroditas, pero no autofértiles como sucede con las flores de las variedades arábicas; esto significa que la fecundación de las plantas de café Robusta ocurre únicamente por polinización cruzada (Balón, 2016).

### **2.4.4. FRUTO**

De acuerdo a Bustamante (2014), luego de que el óvulo ha sido polinizado por la acción de insectos polinizadores, viento y/o lluvia, se inicia la formación del nuevo fruto. Inicialmente el crecimiento del fruto es lento, seguido de una fase de crecimiento acelerado en donde el grano define su forma y tamaño. En esta fase se forma el pergamino y para que ocurra un buen desarrollo del fruto es necesaria la presencia de agua; de lo contrario, el grano no alcanza el tamaño determinado por la genética de la planta. En una tercera etapa, se da el "llenado" del fruto y es aquí cuando ocurre el mayor consumo de nutrientes. Finalmente, el fruto llega a un cuarto período donde alcanza su madurez de corte, lo que generalmente sucede entre la 43 y 45 semana después de la floración. Este período es influenciado por la altitud sobre el nivel del mar, del local de la plantación. La cantidad de frutos maduros por libra varía en el rango de 375 a 450 granos por libra.

### **2.4.5. RAÍZ**

El sistema radicular del café Robusta, según IICA (2019), está formado por una raíz principal o “pivotante” y raíces secundarias, axiales o de sostén; además, se desarrollan raíces laterales de donde emergen las raíces absorbentes o raicillas. La raíz pivotante puede profundizar en el suelo a más de un metro y junto con las raíces axiales o secundarias, le dan el sostén a la planta. La mayor concentración de raíces absorbentes se encuentra en los primeros 30 centímetros de profundidad del suelo.

### **2.4.6. SEMILLAS Y GERMINACIÓN**

Para el desarrollo de una nueva planta es necesario que la semilla encuentre buenas condiciones de humedad y temperatura en el sustrato. Al colocar la semilla en camas de germinación la semilla se “hincha” por la inmediata absorción de agua. Se inicia así el desarrollo del embrión del cual emerge inicialmente la radícula o raicilla, que se curva hacia abajo; de igual manera, el tallo o hipocotíleo crece y levanta los cotiledones aun envueltos dentro del pergamino, que pasa a desintegrarse. La planta se abre entonces en “mariposa”. Todo este proceso, es realizado gracias a las reservas que tiene el grano. A partir de este estado de “mariposa”, la planta necesitará de energía externa para seguir creciendo y formar la nueva planta (López et al., 2016).

De acuerdo a Davis et al. (2006), dan una descripción tribal actualizada de Coffeae. Hábito: árboles, arbustos, trepadoras leñosas o monocaulos leñosas; inflorescencias pareadas, axilares o axilares y luego terminales (por actividad meristemática continua de la inflorescencia; en brotes cortos [principalmente (o exclusivamente) inflorescencias del año anterior], sésiles (sin pedúnculo); cálices (en forma de cúpula) estructuras formadas por la contracción del tejido de los brotes y la reducción y fusión de hojas y estípulas; presentes, generalmente de cuatro lóbulos, pero a veces de dos lóbulos o sin lóbulos; tubo de la corola angosto y recto, con lóbulos superpuestos hacia la izquierda (como flores), generalmente blancas, pero a veces rosadas, rojizas o verdosas; ovario de dos lóculos, placentación axilar; óvulos generalmente uno o dos por lóculo o hasta diez (raramente alrededor de 20); estilo simple (carece de características especializadas), glabro, de dos lóbulos; fruto en forma de drupa

indehiscente, con pocas (una o dos) o varias semillas (raramente hasta alrededor de diez); superficie ventral (adaxial) de la semilla más o menos entera (a veces con un hiliar poco profundo).

## 2.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS

Para el cultivo del café, se requieren características climáticas y edáficas bien definidas, que cuanto más se aproximen a las condiciones ideales, en sus diferentes fases fenológicas, tendrá mayor posibilidad de expresar todo su potencial genético, lo que se traducirá en mayor producción para el interés del caficultor (tabla 3).

**TABLA 3.** Requerimientos edafoclimáticos del café robusta

| Características edafoclimáticas |                     | Condición óptima        |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------|
| Suelo                           | Textura             | Franco                  |
|                                 | Estructura          | Granular                |
|                                 | Profundidad         | Profundos (0,5 a 1,0 m) |
|                                 | Drenaje             | Buen drenaje            |
|                                 | pH                  | 5,5 a 6,5               |
| Clima                           | Precipitación anual | >2000 mm (9 a 10 meses) |
|                                 | Temperatura media   | 20 – 26°C               |
|                                 | Heliofanía          | >1000 horas luz/año     |
| Fisiografía                     | Altitud             | 0 a 700 m s.n.m.        |

**Fuente.** SICA (2016)

## 2.6. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CAFÉ

Las diferentes ploidías en el género *Coffea* obstaculizan la introducción de características agronómicas de las especies diploides hacia las tetraploides, por esto, es importante el uso de técnicas que puedan romper estas barreras entre especies y

que sirvan para complementar los programas tradicionales de mejoramiento genético y, a la vez la base genética disponible. El mejoramiento del café y la obtención de un nuevo cultivar con base en las metodologías tradicionales, es un proceso que requiere alrededor de treinta años y esfuerzos, ya que comprende varios pasos como la selección de las especies o variedades a utilizar, su consiguiente hibridación y evaluación de la progenie resultante, en algunos casos retrocruces, y cruces interespecíficos (Villalta y Gatica, 2019).

## **2.7. COMPATIBILIDAD GAMETOFÍTICA**

La capacidad de evitar la autopolinización es un rasgo importante del sistema reproductivo de varias especies de plantas alógamas, incluida *C. canephora*. Evolucionó como una forma de reducir los efectos nocivos de la endogamia. La autoincompatibilidad (SI) es un mecanismo fisiológico que impide que una planta fértil forme semillas viables al ser fecundada por su propio polen. En café robusta, esta barrera a la autopolinización se debe a la detención del desarrollo de los tubos polínicos, lo que imposibilita la fertilización del gametofito femenino. Los cafetos presentan autoincompatibilidad gametofítica, en la que la reacción de incompatibilidad se produce entre el tubo polínico y el grano de polen, que no deben compartir el mismo alelo de la planta receptora. En esta especie, la expresión de autoincompatibilidad está regida por un solo gen multialélico, identificado con la letra S. El crecimiento interrumpido del tubo polínico se debe a la acción de ribonucleasas que degradan el ARN ribosómico, impidiendo el crecimiento del tubo polínico (Moraes et al., 2018).

En el cultivo clonal de café, la siembra de clones incompatibles puede comprometer el rendimiento, debido a la reducción de la tasa de fertilización del fruto y la calidad del grano de café (Rocha, 2017).

## **2.8. POLINIZACIÓN EN CAFÉ**

La polinización es el proceso mediante el cual los gametos masculinos (polen) de una planta se ponen en contacto con la estructura receptiva (estigma) del órgano femenino

de la flor. Una vez el polen se adhiere al estigma se activa el desarrollo del tubo polínico, el cual se dirige al ovario a través del estilo. Este proceso finaliza con la formación del cigoto, gracias a la fusión del contenido genético del polen con el núcleo de la ovocélula (fecundación). Es a partir del cigoto que se desarrollará el nuevo fruto. En condiciones naturales, la polinización permite la supervivencia de un elevado número de especies cultivadas por el hombre, las cuales comparten este tipo de reproducción, ya que asegura la transferencia del material genético de una generación a la siguiente, a la vez que contribuye a incrementar su productividad (Herrera y Gonzales, 2013).

## **2.9. COMPATIBILIDAD EN LA MEJORA VEGETAL**

Las poblaciones y especies alógamas se reproducen por fecundación cruzada y se caracterizan por gran heterogeneidad, siendo cada individuo altamente heterocigoto y distinto de los demás. Varios mecanismos pueden favorecer la alogamia, contribuyendo a la creación de diversidad genética entre poblaciones, lo que aumentará la probabilidad de que al menos un individuo de la población sobreviva a cambios en las condiciones ambientales, que involucran factores bióticos y abióticos. Entre estos mecanismos se menciona la autoincompatibilidad genética, que es una característica reproductiva importante presente en la mayoría de las angiospermas, favoreciendo el mantenimiento de la diversidad dentro de la especie.

En los programas de mejoramiento genético, para lograr el éxito en la selección de plantas, es condición básica tener diversidad genética en la población a mejorar para seleccionar individuos o familias con mayor frecuencia de alelos favorables. Sin embargo, la autoincompatibilidad también puede ser una limitación en los programas de mejoramiento, ya que no permite la autofecundación de las plantas. Desde un punto de vista agronómico, el mecanismo de autoincompatibilidad también puede resultar indeseable para aquellas especies que dependen en gran medida de un proceso de fertilización exitoso y de la formación de semillas para su producción.

La diversidad genética entre plantas debe ser suficiente en relación a la autoincompatibilidad para que la polinización sea eficiente favoreciendo la producción.

Debido a la existencia de mecanismos de autoincompatibilidad en el cultivo, es necesario adoptar genotipos con diversidad genética, buscando aumentar la eficiencia de la polinización y garantizar la producción. Al favorecer la fertilización cruzada, el sistema de autoincompatibilidad aumenta la variabilidad genética dentro y entre poblaciones, evitando la depresión endogámica y la consiguiente expresión de genes recesivos nocivos (Gava et al., 2017).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en el área de CIIDEA (Ciudad de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) del campus Politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, que se encuentra ubicada en el sitio El Limón, parroquia de Calceta que pertenece al Cantón Bolívar, Manabí. Situado geográficamente en las coordenadas  $0^{\circ} 49' 23''$  Latitud Sur y  $80^{\circ} 11' 01''$  Longitud Oeste, a una altitud de 15 m s.n.m., estos datos obtenidos del “Área meteorológica de la ESPAM MFL”.



**Fuente:** Google Maps

**Gráfico 1.** Lote de Clones Élite de Café Robusta.



### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Los datos promedios obtenidos de la estación meteorológica de la ESPAM MFL se indican en la tabla 4.

**Tabla 4.** Datos climatológicos

| <b>Condiciones climáticas</b> |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| Precipitación                 | 986,19 mm         |
| Temperatura máxima            | 30,67 °C          |
| Temperatura mínima            | 21,87 °C          |
| Humedad relativa              | 82,23 %           |
| Heliofanía                    | 1043,96 h/sol/año |

**Fuente:** Estación Meteorológica ESPAM “MFL” (2011 - 2022)

### 3.2. DURACIÓN

La duración del trabajo de investigación fue de ocho meses aproximadamente durante el periodo que comprende desde febrero a octubre del 2023

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El presente trabajo tuvo un método descriptivo, empleando la observación de los procesos relacionados a la polinización realizados en el lote de Café Robusta. Esta es una investigación no experimental, pero nos permitió utilizar las flores de los cafetos, lo cual se basa fundamentalmente en la observación de los diferentes procesos de polinización que se realizaron en el lote de Café Robusta.

### 3.4. MATERIAL VEGETAL - FACTOR EN ESTUDIO

Para la investigación se utilizaron plantas de clones élites de café robusta (*Coffea canephora* P.) ubicados en el área de CIIDEA de la ESPAM MFL.

### 3.5. CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN ESTUDIO

Los clones de café robusta para el estudio de compatibilidad genética se realizaron en nueve cabezas de clones (CC) de café robusta, los que se indican en la tabla 5.

**Tabla 5.** Clones de café robusta en el cantón Bolívar, Manabí.

| N°  | CÓDIGO                  | DESCRIPCIÓN                                    | PROCEDENCIA         |
|-----|-------------------------|--|---------------------|
| CC1 | SICA – 02 P (5 y 8)     | Proyecto COFENAC SICA<br>Introducción GCNU – 1 | Echeandía – Bolívar |
| CC2 | SICA – 03 P (1 y 9)     | Proyecto COFENAC SICA<br>Introducción JMR – 8  | Echeandía – Bolívar |
| CC3 | SICA – 04 P (4 y 7)     | Proyecto COFENAC SICA<br>Introducción JCL- 6   | Echeandía – Bolívar |
| CC4 | SICA – 05 P (3 y 7)     | Proyecto COFENAC SICA<br>Introducción ACR – 2  | Echeandía – Bolívar |
| CC5 | NP – 2024 P (7, 9 y 10) | Estación Napo Payamino<br>Introducción 2024    | Orellana            |
| CC6 | NP – 3056 P (7, 9 y 10) | Estación Napo Payamino<br>Introducción 3056    | Orellana            |
| CC7 | LG – S02 P (5 y 9)      | Finca del Sr. Luis Gavidia                     | Sucumbíos           |
| CC8 | COF – 01 P (3 y 9)      | Consejo Cafetalero Nacional<br>Selección 01    | Orellana            |
| CC9 | COF – 06 P (6 y 7)      | Consejo Cafetalero Nacional<br>Selección 06    | Orellana            |

**Fuente:** SICA (2016), COFENAC-DUBLINSA (2012)

### 3.6. CRUZAMIENTOS

Los tratamientos resultaron de los cruzamientos realizados por el “método de cruzamientos dialélicos incompletos”. Se efectuaron 36 polinizaciones cruzadas, según la matriz indicada en la tabla 6. El factor en estudio fueron los cruzamientos interclonales de café robusta.

**Tabla 6.** Cruzamientos entre clones de café robusta en Bolívar, Manabí.

|                  |     | MASCULINOS |         |         |         |         |         |         |         |     |
|------------------|-----|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
|                  |     | CC1        | CC2     | CC3     | CC4     | CC5     | CC6     | CC7     | CC8     | CC9 |
| <b>FEMENINOS</b> | CC1 |            |         |         |         |         |         |         |         |     |
|                  | CC2 | CC2xCC1    |         |         |         |         |         |         |         |     |
|                  | CC3 | CC3xCC1    | CC3xCC2 |         |         |         |         |         |         |     |
|                  | CC4 | CC4xCC1    | CC4xCC2 | CC4xCC3 |         |         |         |         |         |     |
|                  | CC5 | CC5xCC1    | CC5xCC2 | CC5xCC3 | CC5xCC4 |         |         |         |         |     |
|                  | CC6 | CC6xCC1    | CC6xCC2 | CC6xCC3 | CC6xCC4 | CC6xCC5 |         |         |         |     |
|                  | CC7 | CC7xCC1    | CC7xCC2 | CC7xCC3 | CC7xCC4 | CC7xCC5 | CC7xCC6 |         |         |     |
|                  | CC8 | CC8xCC1    | CC8xCC2 | CC8xCC3 | CC8xCC4 | CC8xCC5 | CC8xCC6 | CC8xCC7 |         |     |
|                  | CC9 | CC9xCC1    | CC9xCC2 | CC9xCC3 | CC9xCC4 | CC9xCC5 | CC9xCC6 | CC9xCC7 | CC9xCC8 |     |

El número de cruzamientos se definió de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\frac{N(n-1)}{2} = \frac{9*8}{2} = 36 \text{ cruces}$$

Donde:

N: número total de materiales genéticos

n - 1: número total de cruces de clones menos uno

### 3.7. VARIABLES EN ESTUDIO

La principal variable de respuesta en los cruces interclonales fue el porcentaje de fecundación, con cuya información se determinó la compatibilidad o incompatibilidad genética.

Con el propósito de conocer los atributos fenotípicos de los clones, se complementó el estudio con el registro de datos morfológicos y productivos. De este modo se identifica, además de la compatibilidad genética, las características de los progenitores que originan los híbridos F1 mediante el cruzamiento de los clones. Las variables fenotípicas registradas fueron:

**Altura de planta.** Se midió en centímetros (cm), desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo principal, usando un flexómetro.

**Diámetro de tallo.** Con el empleo de un calibrador Vernier, se midió a los 20 cm a partir del nivel del suelo, en centímetros.

**Diámetro de copa.** Con el empleo de una regla graduada, se midió la rama bajera más larga del cafeto, en centímetros (cm).

**Número de ramas.** Se contó directamente el número de ramas existentes en cada uno de los cafetos.

**Promedio nudo/rama.** Se determinó mediante conteo directo, el número de nudos existentes.

**Número frutos/nudos.** Se determinó por el método de conteo directo el número de frutos en cada uno de los nudos de los cafetos.

**Mancha de hierro (1-5).** Se evaluó cada clon de café robusta individualmente de acuerdo a una escala ordinal de 1-5.

**Vigor planta (1-5).** Se evaluó de acuerdo a una escala ordinal para determinar el estado de la planta (tabla 7).

**Tabla 7.** Escala ordinal para la medición del estado sanitario

| Escala Ordinal | Descripción   |
|----------------|---|
| 1              | Estado sanitario malo. Planta enferma sin posibilidades de recuperación inmediata.  |
| 2              | Estado sanitario regular. Planta de poco vigor, síntomas significativos de enfermedades, con posibilidades de recuperación. |
| 3              | Estado sanitario medio. Planta medianamente sana, vigor aceptable, con síntomas de enfermedades.                            |
| 4              | Estado sanitario bueno. Planta sana, vigor aceptable, reducidos síntomas de enfermedades.                                   |
| 5              | Estado sanitario excelente. Planta completamente sana, vigorosa, sin síntomas de enfermedades.                              |

**Producción café cereza/planta (kg).** Se registró la producción de café cereza por planta. Las cosechas parciales son sumadas para tener información de la cosecha acumulada por año calendario.

**Producción café oro/planta (kg).** La producción de los clones de café robusta se determinó dividiendo la producción de café cereza planta<sup>-1</sup> para el coeficiente de conversión promedio.

**Estimación cosecha 2023 (qq.ha<sup>-1</sup>).** Se determinó el valor de cosecha realizado durante el año.

**Sobrevivencia de polinizaciones manuales.** Se realizó el conteo de polinizaciones en estado de latencia.

**Compatibilidad.** - Se realizó el análisis de compatibilidad de acuerdo a la distribución binomial. Aranzazu et al. (2008), en estudios de compatibilidad en cacao, menciona que las flores de una planta autocompatible son fecundadas por el polen de otra planta con una efectividad mayor que 30% (Quinaluisa et al., 2021).

### **3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

**Densidad poblacional.** - La densidad poblacional se refiere al número de plantas por hectárea de un cultivo. Los genotipos de café robusta se establecieron a una distancia de 3,50 metros entre hileras x 2 metros entre plantas; que equivale a una densidad poblacional de 1.429 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Podas.** - La poda del cafeto consiste en la eliminación de las partes mal formadas, improductivas o con problemas fitosanitarios con la finalidad de favorecer el desarrollo y aumentar la producción. En el lote se realizaron deschuponamientos y podas sanitarias.

**Control de malezas.** - Las malezas o arvenses son plantas herbáceas o arbustivas que están presentes en el agro ecosistema y que pueden constituir, en diverso grado, un factor limitante del desarrollo vegetativo y productivo de los cafetos. El control manual se realizó con machete y motoguadaña.

**Gestión de la fertilidad del cafetal.** - El manejo tecnológico de los cafetales involucra un conjunto de prácticas que se aplican con el propósito de crear condiciones favorables para el crecimiento sano y vigoroso de los cafetos y asegurar una alta

productividad. La fertilización consistió en la aplicación de abonos orgánicos y químicos, con el objetivo de nutrir a las plantas.

**Cosecha y poscosecha.** - Durante la evaluación de los materiales genéticos se realizaron “cosechas selectivas”; es decir, se recolectaron los frutos, en el punto óptimo de maduración.

### 3.9. SELECCIÓN DE CULTIVARES DE CAFÉ ROBUSTA

En el siguiente cuadro se encuentran detalladas las plantas disponibles, y las plantas elegidas en función a la disposición y desarrollo de las flores, para realizar las polinizaciones.

Las plantas seleccionadas de los clones de café robusta, del banco de germoplasma de la ESPAM MFL, localizado en el CIIDEA, Bolívar, Manabí, se indica en la tabla 8.

**Tabla 8.** Plantas seleccionadas de los clones de café robusta en Bolívar, Manabí.

| Nº  | CABEZAS DE CLONES | PLANTAS DISPONIBLES  | PLANTAS SELECCIONADAS |
|-----|-------------------|----------------------|-----------------------|
| CC1 | SICA – 02         | 1-2-3-5-6-7-8-9-10   | 5 y 7                 |
| CC2 | SICA – 03         | 1-2-4-6-8-9-10       | 1 y 9                 |
| CC3 | SICA – 04         | 3-4-5-6-7-10         | 4 y 7                 |
| CC4 | SICA – 05         | 2-3-4-7-9-10         | 3 y 7                 |
| CC5 | NP – 2024         | 3-4-5-7-8-9          | 7, 9 y 10             |
| CC6 | NP – 3056         | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | 7, 9 y 10             |
| CC7 | LG – S02          | 1-2-3-4-5-6-7-8-9    | 5 y 9                 |
| CC8 | COF – 01          | 1-2-3-4-7-8-9-10     | 3 y 9                 |
| CC9 | COF – 06          | 6-7-9-10             | 6 y 7                 |

### 3.10. MATRIZ DE CRUZAMIENTO DE CULTIVARES CLONALES

Luego de seleccionar las plantas a utilizar, se procedió a elaborar la matriz de cruzamientos; en el cual se ordenaron los clones según el material disponible en campo (tabla 9).

**Tabla 9.** Matriz de cruzamientos de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí.

| CRUCES         | PROGENITORES MASCULINOS |                     |                     |                      |                      |                      |                      |         |
|----------------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|
|                | COF-06                  | COF-01              | LG-S02              | SICA-02              | SICA-03              | SICA-04              | SICA-05              | NP-3056 |
| <b>COF-06</b>  | X                       |                     |                     |                      |                      |                      |                      |         |
| <b>COF-01</b>  | COF-06 x<br>COF-01      | X                   |                     |                      |                      |                      |                      |         |
| <b>LG-S02</b>  | COF-06 x<br>LG-S02      | COF-01 x<br>LG-S02  | X                   |                      |                      |                      |                      |         |
| <b>SICA-02</b> | COF-06 x<br>SICA-02     | COF-01 x<br>SICA-02 | LG-S02 x<br>SICA-02 | X                    |                      |                      |                      |         |
| <b>SICA-03</b> | COF-06 x<br>SICA-03     | COF-01 x<br>SICA-03 | LG-S02 x<br>SICA-03 | SICA-02 x<br>SICA-03 | X                    |                      |                      |         |
| <b>SICA-04</b> | COF-06 x<br>SICA-04     | COF-01 x<br>SICA-04 | LG-S02 x<br>SICA-04 | SICA-02 x<br>SICA-04 | SICA-03 x<br>SICA-04 | X                    |                      |         |
| <b>SICA-05</b> | COF-06 x<br>SICA-05     | COF-01 x<br>SICA-05 | LG-S02 x<br>SICA-05 | SICA-02 x<br>SICA-05 | SICA-03 x<br>SICA-05 | SICA-04 x<br>SICA-05 | X                    |         |
| <b>NP-3056</b> | COF-06 x<br>NP-3056     | COF-01 x<br>NP-3056 | LG-S02 x<br>NP-3056 | SICA-02 x<br>NP-3056 | SICA-03 x<br>NP-3056 | SICA-04 x<br>NP-3056 | SICA-05 x<br>NP-3056 | X       |

### 3.11. TÉCNICA DE POLINIZACIÓN MANUAL

Para realizar las polinizaciones y cruzamientos se procedió a observar los glomérulos de las ramas de las plantas previamente seleccionadas, cuyos botones florales se encontraron con mayor desarrollo y en mayor cantidad, se procedió a su aislamiento con fundas de papel para impedir el ingreso de agentes polinizadores naturales.

Al cubrir las ramas, se dejó únicamente los nudos que se encontraron en estado de dormancia (primer estado floral), el restante que se encontraron en otro estado floral; ya sea con mayor o menor desarrollo, se eliminó para evitar confusiones. Además, se

cortaron las hojas de la rama por la mitad, para mayor estabilidad de la rama dentro de la funda y facilitar los trabajos. En la parte externa de la rama se procedió a identificar la rama; si era para cruzamiento (flor femenina emasculada) o flor masculina como parental.

Cuando las flores se encontraron en estado de antesis (4to estado floral) y con un color blanco, se procedió a emascular las flores que fueron polinizadas dejando sólo el estigma, y aquellas que sirvieron para donar polen se las dejó en estado de vela o antesis para que se abrieran naturalmente. Una vez emasculadas, se procedió a contabilizar los estigmas emasculados para la obtención de datos. Luego de haber concluido el proceso, se procedió a cubrir nuevamente las ramas para su protección y correcto desarrollo.

### **3.12. RIEGO**

Para que los cultivares de café robusta estén en condiciones se realizó el riego por goteo en un tiempo de treinta minutos por día, con lo que se logró realizar aceleraciones de los estados de floración, gracias al sometimiento de las plantas a un estrés hídrico; es decir se eliminó el riego por 4 o 5 días para que la planta entre en estrés por falta de agua. Luego de esto, se procedió a aplicar nuevamente el riego; para inducir a la planta a desarrollar con mayor rapidez sus flores.

### **3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizaron cálculos de los estadísticos descriptivos: mínimo, máximo, media, desviación estándar, coeficiente de variación y error estándar de las variables agronómicas y productivas.

Para determinar la aptitud combinatoria de las clones élites se utilizó la distribución binomial, que es una descripción del número de éxitos al realizar  $n$  experimentos independientes entre sí (polinizaciones) para una variable discreta (fecundaciones). La respuesta binomial se caracteriza por ser dicotómica: fecundada y no fecundada.



La prueba binomial se orienta a determinar el número de “éxitos” en una secuencia de  $n$  ensayos con una probabilidad de ocurrencia  $0 < p < 1$ . La fórmula para calcular la probabilidad binomial es la siguiente:

$$p(X) = \frac{n! (p)^x (q)^{n-x}}{X! (n - X)!}$$

$p$  = probabilidad binomial

$n$  = número de ensayos (flores polinizadas)

$p$  = probabilidad de éxito (fecundadas)

$q$  = probabilidad de fallo (no fecundadas)

$X$  = número de fecundaciones observadas

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Para este trabajo se seleccionaron clones de café robusta identificados de la siguiente manera: COF-06, COF-01, LG-S02, NP-3056, de origen amazónico. Los clones SICA-02, SICA-03, SICA-04 y SICA-05, de origen provincia de Bolívar (tabla 10). Para la variable altura de planta (cm), se constata que el promedio de la variable en estudio fue de: 150 cm (COF-06) a 280 cm (SICA-03). Además, se indica que algunos clones de robusta no sobrepasan los 3,0 metros de altura a los 60 meses, datos que son similares obtenidos por COFENAC y DUBLINSA (2012). Según Duicela (2021) menciona los clones que muestran caracteres morfológicos adecuados de menor altura pertenece a los COFENAC y reúnen características productivas idóneas para ser seleccionado. Para la variable diámetro del tallo de los cafetos, se pudo registrar promedios entre 7,8 mm (NP-3056) y 20 mm (COF-06), como se indica en la tabla 10; con un coeficiente de variación de 12,5%. En la variable diámetro de copa de los clones, se indica que los valores promedios fueron entre 170 cm (COF-06) y 685 cm (NP-3056), como se indica en la tabla 10; con un coeficiente de variación de 31,5%. En la variable número de ramas en café robusta los promedios fueron de 17 ramas (SICA-04) a 41 ramas (SICA-05) (tabla 10). El coeficiente de variación fue 18,8 % para las características productivas (tabla 11), que se considera adecuado en café robusta. Referente al número de nudos/rama se observaron desde 1 nudo (SICA-03 y SICA-05) hasta 6 nudos/rama (SICA-04) (tabla 10); obteniendo un coeficiente de variación de 56,4%, que se considera alto, valores que son diferentes a los obtenidos por Bustamante (2014) con un promedio de 23 nudos por rama.

**Tabla 10.** Variables agronómicas de cultivares clonales de café robusta en Bolívar, Manabí.

| Cultivar       | Altura planta (cm) | Diámetro tallo (mm) | Diámetro copa (cm) | Número ramas | Número nudos/rama |
|----------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| <b>COF-06</b>  | 150                | 20,0                | 170                | 24           | 3                 |
| <b>COF-01</b>  | 257                | 10,9                | 583                | 36           | 5                 |
| <b>LG-S02</b>  | 260                | 12,3                | 643                | 34           | 4                 |
| <b>SICA-02</b> | 199                | 10,3                | 517                | 29           | 4                 |
| <b>SICA-03</b> | 280                | 10,2                | 470                | 25           | 1                 |
| <b>SICA-04</b> | 198                | 9,4                 | 452                | 17           | 6                 |
| <b>SICA-05</b> | 248                | 10,5                | 623                | 41           | 1                 |
| <b>NP-3056</b> | 244                | 7,8                 | 685                | 31           | 2                 |

**Tabla 11.** Estadísticos descriptivos de cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

| Estadísticos              | Altura planta | Diámetro tallo | Diámetro copa | Número ramas | Número nudos/rama |
|---------------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|
| Media                     | 230           | 10,2           | 517,9         | 30           | 3                 |
| Mediana                   | 246           | 10,3           | 550,0         | 30           | 4                 |
| Varianza de la muestra    | 1861,7        | 1,6            | 26647,0       | 57,7         | 3,4               |
| Desviación estándar       | 43,1          | 1,3            | 163,2         | 7,6          | 1,8               |
| Error típico              | 15            | 0,4            | 57,7          | 3            | 1                 |
| Coefficiente de variación | 18,8          | 12,5           | 31,5          | 25,6         | 56,4              |
| Variación relativa        | 6,6           | 4,4            | 11,1          | 9,1          | 19,9              |
| Curtosis                  | 0,04          | 1,85           | 2,75          | -0,20        | -1,22             |
| Coefficiente de asimetría | -0,89         | -0,32          | -1,51         | -0,21        | 0,07              |
| Rango                     | 130           | 4,5            | 515           | 24           | 5                 |
| Mínimo                    | 150           | 7,8            | 170           | 17           | 1                 |
| Máximo                    | 280           | 12,3           | 685           | 41           | 6                 |
| Suma                      | 1836          | 81,5           | 4143          | 237          | 26                |
| Cuenta                    | 8             | 8              | 8             | 8            | 8                 |

## 4.2. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS

Para el análisis de estas variables del presente estudio se evaluó la cosecha por cafeto para determinar las mejores plantas élites.

Considerando la variable número de frutos de los cultivares de café robusta, se determinó los valores promedios de 3 frutos por nudo (SICA-05) a 16 frutos por nudo (SICA-04), en cuanto a la producción café cereza por planta (kg), se registró que los valores de cosecha estuvieron comprendidos entre 0,9 kg (SICA-03 y SICA-05) a 7,8 kg (COF-01 y SICA-02), como se evidencia en la tabla 12. También se indica que para la variable producción de café oro por planta (kg) se realizó la conversión 4,5:1 de café cereza a café oro, donde los mismos materiales expresados anteriormente mantienen la tendencia. En cuanto a los estadísticos descriptivos, se obtuvo un promedio de número de frutos por glomérulo por planta es de 9 a 16 frutos por nudo, esto indica la variabilidad de producción de frutos por cultivares de café robusta. Para la estimación de cosecha, el número de plantas por hectáreas utilizados fue de 1429 cafetos (3,5 m x 2,0 m), donde los valores registrados variaron de 7,0 a 63,6 quintales, en la cosecha del 2023 (tabla 12), comparando los resultados obtenidos de los materiales evaluados en la provincia de los Ríos (SICA, 2016), obtuvieron valores inferiores comparándolos con los resultados obtenidos en el año 2016 (2,5 kg de café oro por planta). Los estadísticos de la variable producción de todos los clones, se indica en la tabla 13, donde se destaca una variación desde 0,19 hasta 1,75 kg de café oro/planta.

**Tabla 12.** Características productivas de cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

| Cultivar | Número de frutos | Producción café cereza/planta (kg) | Producción café oro/planta (kg) | Estimación cosecha 2023 (qq/ha) |
|----------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| COF-06   | 10               | 2,6                                | 0,6                             | 21,2                            |
| COF-01   | 10               | 7,8                                | 1,7                             | 63,6                            |
| LG-S02   | 9                | 7,4                                | 1,7                             | 60,5                            |
| SICA-02  | 12               | 7,8                                | 1,7                             | 63,7                            |
| SICA-03  | 4                | 0,9                                | 0,2                             | 7,4                             |
| SICA-04  | 16               | 6,7                                | 1,5                             | 54,7                            |
| SICA-05  | 3                | 0,9                                | 0,2                             | 7,0                             |
| NP-3056  | 9                | 2,9                                | 0,7                             | 23,9                            |

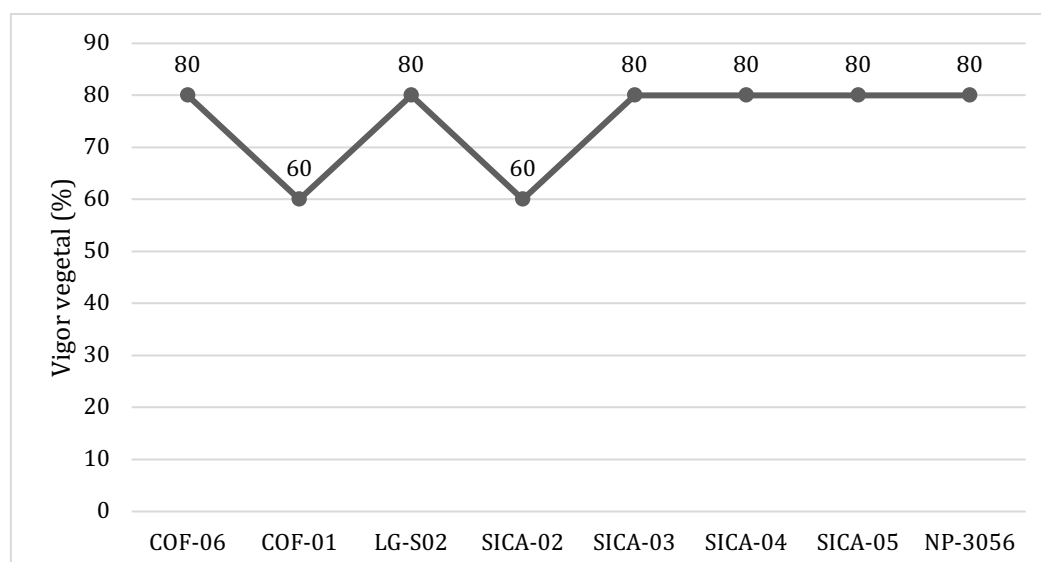
**Tabla 13.** Estadísticos descriptivos de cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

| Estadísticos              | Número frutos | Producción café oro kg/planta |
|---------------------------|---------------|-------------------------------|
| Media                     | 9             | 1,03                          |
| Mediana                   | 10            | 1,07                          |
| Varianza de la muestra    | 17,3          | 0,48                          |
| Desviación estándar       | 4,2           | 0,69                          |
| Error típico              | 1             | 0,24                          |
| Coefficiente de variación | 45,5          | 67,0                          |
| Variación relativa        | 16,1          | 23,7                          |
| Curtosis                  | 0,16          | -2,30                         |
| Coefficiente de asimetría | -0,04         | -0,15                         |
| Rango                     | 13            | 1,55                          |
| Mínimo                    | 3             | 0,19                          |
| Máximo                    | 16            | 1,74                          |
| Suma                      | 73            | 8,24                          |
| Cuenta                    | 8             | 8                             |

### 4.3. CARACTERÍSTICAS FITOSANITARIAS

Para la evaluación fitosanitaria, se indica que los cultivares de café robusta del presente ensayo no presentaron síntomas de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), lo que hace que estos materiales sean considerados resistentes a la enfermedad.

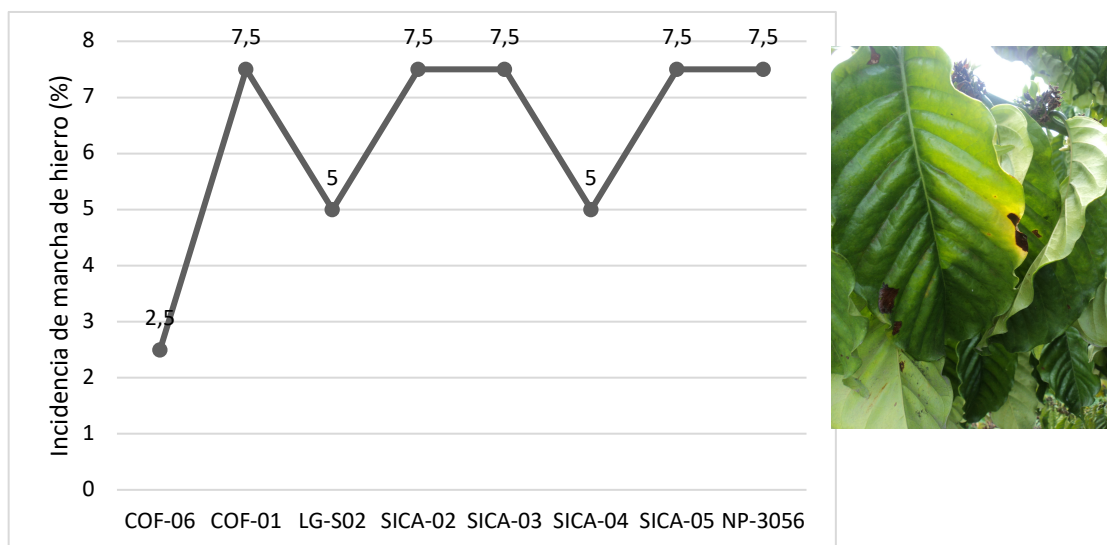
Considerando la variable de vigor vegetal para los cultivares en estudio, en relación a la escala 1 a 5 (donde: 1 = estado sanitario malo, planta enferma sin posibilidades de recuperación y 5 = estado sanitario excelente, planta completamente sana de buen vigor, sin síntomas de enfermedades). La mayoría de los cultivares registraron valores similares a 80% (gráfico 2).



**Gráfico 2.** Vigor vegetal de cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

Para la variable mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), los cultivares de café en relación a escala de evaluación de 1 a 5, donde 1 (baja incidencia de mancha de hierro) y 5 es alta incidencia de mancha de hierro. Se indica que los genotipos registraron valores similares en un 7,5% y con un promedio de 6,25% de incidencia de la enfermedad. Se indica que estos valores se registraron en un lapso de 8 meses. Sin embargo, datos obtenidos por SICA (2016), en el año de evaluación, la incidencia de mancha de hierro no superó el 7%, siendo la más alta en noviembre durante el tiempo de estudio, (Plaza et al., 2015) identifica que

la accesión con mayor incidencia de mancha de hierro es COF-01 (70%) banco de germoplasma de la EET-Pichilingue INIAP.



**Gráfico 3.** Incidencia de mancha de hierro de cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

#### 4.4. COMPATIBILIDAD

El presente estudio se menciona que fue de polinizaciones incompleto (un solo sentido) donde los parentales femeninos y masculinos se aislaron de acuerdo al protocolo de polinización (tabla 14). También se menciona que se utilizaron 8 cultivares de café robusta obtenidos de manera clonal.

Una vez que se emasculó las flores de las plantas de café robusta y que estaban aptas para su respectiva polinización, se procedió a la adecuada frotación de la flor del parental masculino con el pistilo del parental femenino (Gava et al., 2012), además, mencionan que en una fecundación cruzada, los clones componentes de una misma variedad clonal deben ser compatibles, necesitando ser previamente testados a través de cruces controlados. Con este proceso de polinizaciones, se realizaron un total de 1507 polinizaciones con 8 cruces, después se procedió a realizar evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días, cuyos resultados se indican en la tabla 14. En este contexto, se destaca que el mínimo de polinizaciones fue 7 (SICA-03 x NP-3056) y el máximo 89 (COF-01 x SICA-05).

**Tabla 14.** Datos de fecundación después de 15 días de las polinizaciones de los cultivares de café robusta en Bolívar, Manabí.

| CRUCES                 | PROGENITORES MASCULINOS |        |        |         |         |         |         |         |   |
|------------------------|-------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
|                        | COF-06                  | COF-01 | LG-S02 | SICA-02 | SICA-03 | SICA-04 | SICA-05 | NP-3056 |   |
| PROGENITORES FEMENINOS | COF-06                  | X      |        |         |         |         |         |         |   |
|                        | COF-01                  | 39     | X      |         |         |         |         |         |   |
|                        | LG-S02                  | 33     | 48     | X       |         |         |         |         |   |
|                        | SICA-02                 | 56     | 67     | 61      | X       |         |         |         |   |
|                        | SICA-03                 | 58     | 61     | 36      | 45      | X       |         |         |   |
|                        | SICA-04                 | 47     | 87     | 83      | 68      | 62      | X       |         |   |
|                        | SICA-05                 | 46     | 89     | 61      | 52      | 81      | 67      | X       |   |
|                        | NP-3056                 | 86     | 14     | 59      | 34      | 7       | 46      | 14      | X |

En la evaluación realizada a los 60 días se registró en la evaluación de flores latentes o prendidas valores de 0 en los siguientes cruces COF-01 x NP-3056 - SICA-02 x NP-3056 - SICA-03 x NP-3056 - SICA-04 x NP-3056 y un máximo de 81 polinizaciones presentes (LG-S02 x SICA-04); con un promedio 35 polinizaciones. (Salinas, 2022) realizó un estudio en cruzamientos en cacao donde a los 3, 15 y 30 días después de la polinización mantuvieron índices de retención, sin embargo, existió ligera disminución en ciertos cruces como también pérdidas drásticas (tabla 15).

**Tabla 15.** Datos de fecundación a los 60 días en los cultivares de café robusta de Bolívar, Manabí.

| CRUCES                 | PROGENITORES MASCULINOS |        |        |         |         |         |         |         |   |
|------------------------|-------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
|                        | COF-06                  | COF-01 | LG-S02 | SICA-02 | SICA-03 | SICA-04 | SICA-05 | NP-3056 |   |
| PROGENITORES FEMENINOS | COF-06                  | X      |        |         |         |         |         |         |   |
|                        | COF-01                  | 7      | X      |         |         |         |         |         |   |
|                        | LG-S02                  | 31     | 43     | X       |         |         |         |         |   |
|                        | SICA-02                 | 32     | 56     | 45      | X       |         |         |         |   |
|                        | SICA-03                 | 9      | 17     | 25      | 34      | X       |         |         |   |
|                        | SICA-04                 | 34     | 78     | 81      | 54      | 41      | X       |         |   |
|                        | SICA-05                 | 43     | 78     | 54      | 42      | 71      | 53      | X       |   |
|                        | NP-3056                 | 26     | 0      | 15      | 0       | 0       | 0       | 6       | X |



Para el registro y eficacia de la compatibilidad de los cruzamientos se registró en base de la distribución binomial definir la intercompatibilidad con valores iguales o mayores al 30%; es decir, deben fecundarse este valor para indicar que los parentales de café robusta son compatibles, siendo el método de evaluación más importante relacionado con el porcentaje de autocompatibilidad (Quinaluisa et al., 2021). La prueba binomial es recomendada para la determinación de compatibilidad genética en especies alógamas como café robusta y cacao (Duicela, 2023).

De los 28 cruces de clones de café robusta, de acuerdo a la distribución binomial, 18 resultaron compatibles, valorados a los 60 días después de la polinización (DDP), que equivale a una eficacia del 64% (tabla 16). Esto sugiere que hay materiales clonales de café robusta que se han adaptado a las condiciones del cantón Bolívar, Manabí. El promedio de las fecundaciones exitosas llegó a 42,6%, mientras que Bustamante (2014) alcanzó el 80% de fecundaciones.

Para calcular el valor de las fecundaciones esperadas se utilizó la siguiente fórmula:

$\mu = n(p)$ . Esto significa que dado un número de cruzamientos  $n$ , para ser considerado compatible debe haber, al menos el 30 % de fecundaciones efectivas ( $p = 0,30$ ); por lo tanto, el promedio esperado  $\mu$  resulta del producto  $n(p)$ . La prueba binomial indica la probabilidad de lograrlo.

**Tabla 16.** Compatibilidad entre clones de café robusta en Bolívar, Manabí

| N° | Masculino | Femenino | Polinizaciones | Fecundaciones<br>observadas 60DDP | Fecundaciones<br>esperadas (mínimo)<br>60DDP | Fecundación<br>efectiva (%) 60DDP | p Binomial | Compatibilidad |
|----|-----------|----------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|------------|----------------|
| 1  | COF-06    | COF-01   | 39             | 6                                 | 12   | 15,4                              | 0,029      | Incompatible   |
| 2  | COF-06    | LG-S02   | 33             | 31                                | 10   | 93,9                              | 1,000      | Compatible     |
| 3  | COF-06    | SICA-02  | 56             | 32                                | 17   | 57,1                              | 1,000      | Compatible     |
| 4  | COF-06    | SICA-03  | 58             | 9                                 | 17   | 15,5                              | 0,009      | Incompatible   |
| 5  | COF-06    | SICA-04  | 47             | 34                                | 14   | 72,3                              | 1,000      | Compatible     |
| 6  | COF-06    | SICA-05  | 46             | 43                                | 14   | 93,5                              | 1,000      | Compatible     |
| 7  | COF-06    | NP-3035  | 86             | 26                                | 26   | 30,2                              | 0,571      | Compatible     |
| 8  | COF-01    | LG-S02   | 48             | 43                                | 14   | 89,6                              | 1,000      | Compatible     |
| 9  | COF-01    | SICA-02  | 67             | 56                                | 20   | 83,6                              | 1,000      | Compatible     |
| 10 | COF-01    | SICA-03  | 61             | 17                                | 18   | 27,9                              | 0,419      | Incompatible   |
| 11 | COF-01    | SICA-04  | 87             | 78                                | 26   | 89,7                              | 1,000      | Compatible     |
| 12 | COF-01    | SICA-05  | 89             | 78                                | 27   | 87,6                              | 1,000      | Compatible     |
| 13 | COF-01    | NP-3035  | 14             | 0                                 | 4  | 0                                 | 0,007      | Incompatible   |
| 14 | LG-S02    | SICA-02  | 61             | 45                                | 18   | 73,8                              | 1,000      | Compatible     |
| 15 | LG-S02    | SICA-03  | 36             | 25                                | 11   | 69,4                              | 1,000      | Compatible     |
| 16 | LG-S02    | SICA-04  | 83             | 81                                | 25   | 97,6                              | 1,000      | Compatible     |
| 17 | LG-S02    | SICA-05  | 61             | 54                                | 18   | 88,5                              | 1,000      | Compatible     |
| 18 | LG-S02    | NP-3056  | 59             | 15                                | 18   | 25,4                              | 0,270      | Incompatible   |
| 19 | SICA-02   | SICA-03  | 45             | 34                                | 14   | 75,5                              | 1,000      | Compatible     |
| 20 | SICA-02   | SICA-04  | 68             | 54                                | 20   | 79,4                              | 1,000      | Compatible     |
| 21 | SICA-02   | SICA-05  | 52             | 42                                | 16   | 80,8                              | 1,000      | Compatible     |
| 22 | SICA-02   | NP-3035  | 34             | 0                                 | 10   | 0                                 | 0,000      | Incompatible   |
| 23 | SICA-03   | SICA-04  | 62             | 41                                | 19   | 66,1                              | 1,000      | Compatible     |
| 24 | SICA-03   | SICA-05  | 81             | 71                                | 24   | 87,7                              | 1,000      | Compatible     |
| 25 | SICA-03   | NP-3035  | 7              | 0                                 | 2  | 0                                 | 0,082      | Incompatible   |
| 26 | SICA-04   | SICA-05  | 67             | 53                                | 20   | 79,1                              | 1,000      | Compatible     |
| 27 | SICA-04   | NP-3035  | 46             | 0                                 | 14   | 0                                 | 0,000      | Incompatible   |
| 28 | SICA-05   | NP-3035  | 14             | 6                                 | 4  | 42,8                              | 0,907      | Compatible     |

Respecto de los porcentajes de fecundación efectiva entre los cruces de café robusta, se indica que los mejores cultivares que registran un valor igual o superiores al 80% de flores fecundadas son: LG-S02 x SICA-04, COF-06 x LG-S02, COF06 x SICA-05, COF-01 x SICA-04, COF-01 x LG-S02, LG-S02 x SICA-05, SICA-03 x SICA-05, COF-01 x SICA-02 y SICA-02 x SICA-05. En la tabla 17, se exponen los cruzamientos entre clones de café robusta de mayor efectividad.

En plantas alógamas como el cacao, de acuerdo a Aranzazu et al. (2008), también se fija en  $\geq 30\%$  de fecundación para ser considerado intercompatible.

**Tabla 17.** Cruzamientos de mayor efectividad de clones de café robusta en Bolívar, Manabí

| N° | Cruzamientos      | Fecundaciones efectivas (%) |
|----|-------------------|-----------------------------|
| 1  | LG-S02 x SICA-04  | 97,6                        |
| 2  | COF-06 x LG-S02   | 93,9                        |
| 3  | COF06 x SICA-05   | 93,5                        |
| 4  | COF-01 x SICA-04  | 89,7                        |
| 5  | COF-01 x LG-S02   | 89,6                        |
| 6  | LG-S02 x SICA-05  | 88,5                        |
| 7  | SICA-03 x SICA-05 | 87,7                        |
| 8  | COF-01 x SICA-05  | 87,6                        |
| 9  | COF-01 x SICA-02  | 83,6                        |
| 10 | SICA-02 x SICA-05 | 80,8                        |

#### **4.5. CORRELACIÓN LINEAL ENTRE VARIABLES AGRONÓMICAS Y PRODUCTIVAS**

El estudio de compatibilidad se complementó con los datos obtenidos de las variables agronómicas y producción de los clones de café robusta durante los cinco años establecidos en campo de los cafetos, para tener una mejor comprensión de los atributos de los clones usados en los cruces.

El análisis de correlaciones lineales permitió establecer que: la altura de planta mostró una correlación significativa, con el diámetro de copa siendo el coeficiente de correlación lineal  $r = 0,757$ , valor inferior comparando con el valor de correlación

obtenido por SICA (2016), en estudio realizado en la provincia de Bolívar. Esto indica que a mayor altura del cafeto hay mayor diámetro de copa. Para los datos de la variable número de nudos por ramas se registró una correlación significativa con el número de frutos por nudo y la producción de café oro por planta siendo el coeficiente de correlación lineal  $r = 0,896$  y  $r = 0,885$ , respectivamente. También los datos obtenidos para el número de frutos por nudos tienen una correlación significativa con la producción de café oro por planta ( $r = 0,736$ ) (tabla 18).

**Tabla 18.** Matriz de correlaciones lineales entre variables agronómicas y productivas en los cultivares de café robusta de Bolívar, Manabí.

|   | <i>AP</i>    | <i>DT</i> | <i>DC</i> | <i>NR</i> | <i>NN</i>    | <i>NF</i>    | <i>PCO</i> |
|---|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|------------|
| <b>Altura planta (AP)</b>               | 1            |           |           |           |              |              |            |
| <b>Diámetro tallo (DT)</b>              | 0,248        | 1         |           |           |              |              |            |
| <b>Diámetro copa (DC)</b>               | <b>0,757</b> | 0,048     | 1         |           |              |              |            |
| <b>Numero ramas (NR)</b>                | 0,510        | 0,367     | 0,622     | 1         |              |              |            |
| <b>Nudos/rama (NN)</b>                  | -0,347       | 0,189     | -0,107    | -0,372    | 1            |              |            |
| <b>Numero frutos/nudo (NF)</b>          | -0,580       | -0,176    | -0,240    | -0,609    | <b>0,896</b> | 1            |            |
| <b>Producción café oro/planta (PCO)</b> | -0,118       | 0,368     | 0,175     | -0,075    | <b>0,885</b> | <b>0,736</b> | 1          |

Valor crítico:  $r_{0,05} = 0,632$

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES:**

Los resultados del presente estudio han permitido determinar las siguientes conclusiones:

- De las 1507 polinizaciones se constató la fecundación del 42,6%.
- En 28 cruzamientos interclonales, 10 de aquellos tuvieron porcentajes de fecundaciones  $\geq 80\%$ .
- Los cruces con mayor compatibilidad fueron: LG-S02 x SICA-04, COF-06 x LG-S02, COF06 x SICA-05, COF-01 x SICA-04, COF-01 x LG-S02, LG-S02 x SICA-05, SICA-03 x SICA-05, COF-01 x SICA-02 y SICA-02 x SICA-05.
- Las variables agronómicas que se correlacionan de manera positiva fueron altura de planta y diámetro de copa.
- Las variables productivas que se correlacionan positiva y significativamente (\*) fueron el número de nudos con el número de frutos por nudo.

### **RECOMENDACIONES:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se definen las siguientes recomendaciones:

Probar a nivel de campo el comportamiento de los híbridos F1 resultantes de los cruces con mayor compatibilidad

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, V. (2016). *Evaluación de cuatro fuente y tres dosis de fertilizante foliar sobre el desarrollo vegetativo de las plántulas de café robusta (Coffea robusta L.) a nivel vivero*. [Trabajo de titulación - Univerdad de Guayaquil]. Repositorio Institucional.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17120/1/Abad%20Barzola%20Virginia%20Yaribel.pdf>
- Aranzazu, F., Martinez, N., & Rincón, D. (2008). *Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao*. [https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=86b9fd3231&attid=0.3&permmsgid=msg-f:1784918063936330240&th=18c54d85b21a5a00&view=att&disp=inline&realattid=f\\_lpzs2lt60&saddbat=ANGjd](https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=86b9fd3231&attid=0.3&permmsgid=msg-f:1784918063936330240&th=18c54d85b21a5a00&view=att&disp=inline&realattid=f_lpzs2lt60&saddbat=ANGjd)
- Balón, H. (2016). *Evaluación de Enraizadores Orgánicos en el crecimiento de la planta de Café, Variedad Robusta (Coffea canephora) en viveros en el cantón General Villamil Playas [Trabajo de titulación - Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5498/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-75.pdf>
- Bustamante, C. (2014). *Determinación de la compatibilidad genética en nueve materiales superiores de café robusta (Coffea canephora L.)*. [Tesis de grado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Institucional.  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2779>
- Camerana, F., Chura, J. y Blas, R. (2014). *Mejoramiento Genético y Biotecnológico de plantas*. [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO\\_GENETICO\\_Y\\_BIOTECNOLOGICO\\_DE\\_PLANTAS.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf)
- COFENAC-DUBLINSA. (2012). *Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del litoral ecuatoriano*. Informe técnico.

- Davis, A., Govaerts, R., Bridson, D. y Stoffelen, P. (2006). Un resumen taxonómico comentado del género *Coffea*. *Revista botánica de la Sociedad Linneana*, 152, 465-512. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00584>
- Duicela, L. (2021). Productividad y estabilidad ambiental de clones de café robusta en distintas localidades cafetaleras del Ecuador. *Tesis Doctoral en Ciencias Agrarias*.
- Duicela, L. (2023). *Herramientas estadísticas para la investigación agropecuaria*. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Eskes, A. (1989). *Disponibilidad genética en café*. En VIII Reunión Regional de Mejoramiento Genético de Café. San Pedro Sula. 1-10.
- Fernández, F. (2017). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo del cultivo de café robusta (Coffea canephora P.) estación experimental central de la amazonía. Guía de aprendizaje No. 008*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Orellana, Ecuador.
- Ferwerda, F.P. y Wit, F. (1987). Genotécnica de cultivos tropicales perennes. Trad. R. Mosqueda. AGT Editor. [http://www.rgslibros.com/libro/genotecnica-de-cultivos-tropicales-perennes-\\_1430](http://www.rgslibros.com/libro/genotecnica-de-cultivos-tropicales-perennes-_1430)
- Gatica, A. y Villalta, J. (2019). Una mirada en el tiempo: mejoramiento genético de café mediante la aplicación de la biotecnología. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577-599. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>
- Gava, M., Almeida, A., Gava, R., Volpi, P., Verdin, A., Riva, E., . . . Kaulz, M. (2017). Variabilidade genética de progênies híbridas de *coffea canephora*. *Congresso brasileiro melhoramento de plantas*.
- Gava, R., Almeida, A., Gava, M., Verdin, A., Sergio, P., Herzog De Muner, L., . . . Zucateli, F. (2012). *Café conilon: las técnicas de producción con variedades mejoradas*. 4. ed. DCM/Incaper.
- Gualotuña, C. (2016). *Adaptación de dos variedades de café robusta (Coffeacanephora Pierre ex Froehner) con tres distancias de plantación Pedro Vicente Maldonado. [Tesis de grado - Universidad Central del Ecuador]*.

- Repositorio Institucional. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7941/1/T-UC-0004-14.pdf>
- Herrera, J. y Gonzales, L. (2013). Efecto del nivel de introgresión y del ambiente sobre la polinización en cruzamientos controlados de café. *Cenicafé*, 64(2), 17-30. [https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/528/1/arc064\(02\)17-30.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/528/1/arc064(02)17-30.pdf)
- IICA. (2019). *Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. [https://doi.org/https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20sistema%20radical%20del%20caf%C3%A9,al%2C%202007\)](https://doi.org/https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20sistema%20radical%20del%20caf%C3%A9,al%2C%202007)).
- López, J., Rodríguez, M., Barrera, C., Makepeace, D. y Guzmán, J. (2016). *Manuel Técnico para la Producción de Café Robusta*. <https://www.anacafe.org/uploads/file/283f6fd107ef4ce38af855880c47c49d/Manual-Cafe-Robusta.pdf>
- Moraes, M., Teixeira, A., Ramalho, A., Espíndula, M., Ferrão, M., & Rocha, R. (2018). Characterization of gametophytic selfincompatibility of superior clones of *Coffea canephora*. *Genetics and Molecular Research*, 17(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039876>
- Pereira, L., & Patelli, F. (2021). *CAFE CONILON: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo*. [https://www.researchgate.net/publication/354951535\\_CAFE\\_CONILON\\_Conilon\\_e\\_Robusta\\_no\\_Brasil\\_e\\_no\\_Mundo](https://www.researchgate.net/publication/354951535_CAFE_CONILON_Conilon_e_Robusta_no_Brasil_e_no_Mundo)
- Pérez, E. y Rojo, E. (2014). Café I (G. *Coffea*). *Reduca (Biología)*, 7(2), 113-132. <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1757/1770>
- Plaza, L., Loor, R., Guerrero, H. y Duicela, L. (2015). Caracterización fenotípica del germoplasma de *Coffea canephora* Pierre base para su mejoramiento en Ecuador. *ESPACIENCIA*, 6(1), 7-14. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4576/1/iniapeetpEC6.pdf>



- Quinaluisa, C., Navarrete, G., Franco, D., Gonzáles, Bustamante, A., Sotomayor, I., & Medhi, S. (2021). Selection of self-compatible progenies of high productivity cocoa in the Ecuadorian coast. *Ciencia y Tecnología*, 14(1), 11-21. <https://doi.org/http://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/448>
- Rocha, R. (2017). Caracterización de la autoincompatibilidad gametofítica de clones superiores de *Coffea canephora*. *Genética e Investigación Molecular.*, 17(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039876>
- Salinas, Y. (2022). Compatibilidad sexual de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Tarapoto-San Martín. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Santistevan, E. y Vera, W. (2013). *Caracterización fenotípica de 33 clones de café robusta (Coffea canephora) en la comuna Rio Verde, cantón Santa Elena. [Trabajo de titulación - Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2243/1/UPSE-TIA-2015-026.pdf>
- SICA. (2016). *Selección y difusión de clones de café robusta (Coffea canephora Pierre ex Froehner) en el litoral ecuatoriano*. Informe técnico.
- Tomalá, J. y Espinoza, M. (2012). *"Caracterización fenotípica de 23 clones de café robusta (Coffea canephora P.) en la parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena"* [Tesis de grado. Universidad Estatal de la Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/895/TOMAL%c3%81%20FLORES%20FELIPE-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villalta, J. y Gatica, A. (2019). Una mirada en el tiempo: mejoramiento genético de café mediante la aplicación de la biotecnología. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577-599. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34173>

**ANEXOS**

### Anexo 1. Preparación de ramas a encapsular



## Anexo 2. Enmasculación de botones florales





### Anexo 3. Toma de datos de fecundación



#### Anexo 4. Promedios de las principales características fenotípicas de los clones de café robusta

| Clones  | Altura planta (cm) | Diámetro tallo (mm) | Diámetro copa (cm) | N° tallos | N° ramas | N° nudos/rama inferior | N° nudos/rama media | N° nudos/rama superior | N° frutos/rama inferior | N° frutos/rama media | N° frutos/rama superior | Mancha de hierro (1-5) | Vigor Vegetal (1-5) |
|---------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------|----------|------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| COF-06  | 150                | 20                  | 170                | 2         | 24       | 0                      | 6                   | 2                      | 15                      | 14                   | 0                       | 1                      | 4                   |
| COF-01  | 257                | 109,39              | 583                | 3         | 36       | 5                      | 3                   | 7                      | 7                       | 8                    | 16                      | 3                      | 3                   |
| LG-S02  | 260                | 123,11              | 643                | 3         | 34       | 2                      | 3                   | 7                      | 4                       | 13                   | 9                       | 2                      | 4                   |
| SICA-02 | 199                | 102,99              | 517                | 3         | 29       | 4                      | 3                   | 4                      | 7                       | 12                   | 16                      | 3                      | 3                   |
| SICA-03 | 280                | 102,31              | 470                | 3         | 25       | 0                      | 0                   | 4                      | 0                       | 0                    | 13                      | 3                      | 4                   |
| SICA-04 | 198                | 94,23               | 452                | 2         | 17       | 4                      | 2                   | 12                     | 15                      | 14                   | 18                      | 2                      | 4                   |
| SICA-05 | 248                | 104,93              | 623                | 4         | 41       | 0                      | 0                   | 3                      | 0                       | 0                    | 10                      | 3                      | 4                   |
| NP-3056 | 244                | 78,47               | 685                | 3         | 31       | 0                      | 0                   | 5                      | 0                       | 0                    | 27                      | 3                      | 4                   |