



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA: INGENIERIA AGROPECUARIA**

TÍTULO:

**DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN NUEVE
MATERIALES SUPERIORES DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora* L.)**

AUTORA:

BUSTAMANTE ADUM CAROLINA JAZMIN

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA AGROPECUARIA CON MENCIÓN EN GESTION
EMPRESARIAL**

TUTOR:

ING. JIMENEZ GUAMAN RICARDO M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Bustamante Adum Carolina Jazmín**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniera Agropecuaria**.

TUTOR (A)

Ing. Ricardo Guamán Jiménez M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Jhon Franco Rodríguez M.Sc.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Carolina Jazmín Bustamante Adum**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “Determinación de la compatibilidad genética en nueve materiales superiores de café robusta (*Coffea canephora* L.)” previa a la obtención del Título de **Ingeniera Agropecuaria**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014

LA AUTORA

Carolina Jazmín Bustamante Adum



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Carolina Jazmín Bustamante Adum

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Determinación de la compatibilidad genética en nueve materiales superiores de café robusta (*Coffea canephora* L.)”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014

LA AUTORA:

Carolina Jazmín Bustamante Adum

Agradezco primeramente a Dios y a mis santos por haberme dado la oportunidad de estar donde estoy, con quienes estoy y como estoy.

A mis padres por ser siempre mis guías y ejemplo a seguir.

A mis hermanas por ser mi complemento y apoyo incondicional.

Al Ing. Ricardo Guamán Jiménez, no solo por ser el Tutor del presente trabajo; sino por ser mi guía y sobretodo amigo.

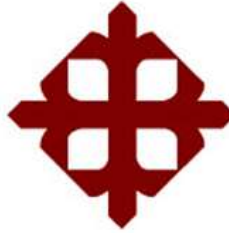
Al Ing. Willian Chilan, al Ing. Luis Duicela, al Ing. James Quiroz, a los “patos”, a todo el personal de la hacienda que en algún momento colaboró de cierta manera para hacer posible la realización de este trabajo.

Muchas gracias a todos los que me acompañaron durante el camino y proceso de esta tesis y que se me hace imposible de enlistar, se los quiere.

Carolina Bustamante Adum

Dedico esta tesis a todas aquellas personas que luchan y trabajan arduamente por mejorar el sector cafetalero del país.

Carolina Bustamante Adum



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CALIFICACIÓN

Ing. Ricardo Guamán Jiménez M.Sc.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	página
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
1. Introducción	17
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
2. Marco Teórico	20
2.1 Botánica del cafeto	20
2.2 Clasificación botánica del café robusta	21
2.3 Características de la especie	21
2.3.1 Raíz	22
2.3.2 Tallo y ramas	24
2.3.3 Hojas	24
2.3.4 Flores	24
2.3.5 Frutos	25
2.4 Requerimientos edafoclimáticos del café robusta	26
2.5 Origen y distribución del café robusta	26
2.6 Germoplasma de café robusta en el Ecuador	29
2.7 Criterios de selección de café robusta	30
2.8 Mejoramiento genético de café	33
2.9 Cruzamientos dialélicos	34
2.10 Aptitud combinatoria general	34
2.11 Aptitud combinatoria específica	35
3. Marco Metodológico	36
3.1 Ubicación del ensayo	36
3.2 Características climáticas	36
3.3 Materiales	37
3.4 Tratamientos estudiados	37
3.5 Cruzamientos y autofecundaciones	39
3.6 Análisis estadístico	39
3.7 Manejo del ensayo	40
3.8 Variables evaluadas	45
3.8.1 Longitud de rama intermedia	45

3.8.2 Numero de nudos productivos	45
3.8.3 Distancia entre nudos productivos	45
3.8.4 Numero de frutos por nudo	45
3.8.5 Autocompatibilidad	45
3.8.6 Cruzamientos	46
4. Resultados y Discusión	47
4.1 Longitud de ramas intermedias	47
4.2 Numero de nudos productivos	50
4.3 Distancia entre nudos productivos	50
4.4 Numero de frutos por nudo	55
4.5 Autopolinizaciones	55
4.6 Cruzamientos	63
5. Conclusiones y Recomendaciones	68
Bibliografía	70
Anexos	72

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Principales características del café robusta	22
Tabla 2. Introducción de germoplasma de café robusta al Ecuador.	28
Tabla 3. Valores de Longitud de ramas intermedias (cm) determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	48
Tabla 4. Análisis de la varianza de Longitud de ramas intermedias (cm).	49
Tabla 5. Valores del Número de nudos productivos determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	51
Tabla 6. Análisis de la varianza de Número de nudos productivos	52
Tabla 7. Valores de Distancia entre nudos productivos (cm) determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	
Tabla 8. Análisis de la varianza de la Distancia entre nudos productivos (cm).	53
Tabla 9. Valores de Número de frutos por nudo, determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	54
Tabla 10. Análisis de la varianza del Número de frutos por nudo	56
Tabla 11. Evaluaciones de autopolinizaciones realizadas a los	57

	15 días en nueve clones de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, Guayas. UCSG, 2014.	
Tabla 12.	Resultados de fecundaciones evaluadas a los 30 días en nueve clones superiores de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	60
Tabla 13.	Valores de J_i^2 determinados en los resultados de las autopolinizaciones evaluados a los 30 días, en nueve clones superiores de café robusta en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	62
Tabla 14.	Resultados de fecundaciones evaluadas a los 10 y 20 días en nueve clones superiores de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	64
Tabla 15.	Valores de J_i^2 determinados en los resultados de los cruzamientos evaluados a los 10 y 20 días, en nueve clones superiores de café robusta en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.	66

ÍNDICE DE GRAFICOS

Contenido	Pagina
Gráfico 1. Relación entre el número de polinizaciones realizadas versus las fecundaciones exitosas. UCSG, 2014.	61

RESUMEN

La investigación se realizó durante los meses de Mayo a Agosto de 2014 en la Hacienda Denise, de propiedad de la Empresa Dublinsa S.A., ubicada en el recinto Las Mercedes, del cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. Las coordenadas geográficas son: 01°57'59" de latitud sur y 80°07'42" de longitud oeste; a 40 metros sobre el nivel del mar. El presente trabajo experimental tuvo los siguientes objetivos: establecer el grado de compatibilidad de nueve "cabezas de clon" de café robusta seleccionadas en el litoral ecuatoriano, determinar la habilidad combinatoria mediante polinizaciones artificiales entre nueve "cabezas de clon" de café robusta de alta productividad y determinar características que influyen en las ramas productivas. El material utilizado fueron los siguientes clones de café robusta: ConErbo 01, NP-2024, NP-4024, Cofenac 01, Cofenac 02, Cofenac 04, Cofenac 05, Cofenac 06 y ConETP 01.

Para determinar el grado de compatibilidad y la aptitud combinatoria de los cafetos "cabeza de clon" se utilizó la prueba estadística no paramétrica de J_i^2 con corrección de Yates (χ^2), al nivel de 5% de probabilidad; y para realizar los análisis estadísticos de las variables Longitud de rama intermedia, Distancia entre nudos productivos, Número de nudos productivos y Número de frutos por nudo, se utilizó el diseño completamente al azar en repeticiones desiguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo experimental, donde han intervenido los nueve clones superiores, se llegó a las siguientes conclusiones: en autopolinizaciones sobresalen los clones Cofenac 04, Cofenac 01, Cofenac 06 y Conerbo 01, por presentar las mejores respuestas. Situación que se reconfirma con la prueba de J_i^2 realizada.

En lo que se refiere a cruzamientos dirigidos que es evaluado a los 20 días de haber realizado el cruce, se encuentra que el 42.12% del total de los cruzamientos realizados muestra habilidad combinatoria.

En cuanto a la longitud de ramas intermedias los resultados obtenidos señalan que su respuesta es varietal, es decir el tamaño de estas varía de acuerdo a su fenotipo. En el número de nudos productivos se puede indicar que estos promedios son independientes de la longitud de ramas intermedias. En la distancia entre nudos se observa un comportamiento bastante similar entre los tratamientos evaluados. En el número de frutos por nudos la respuesta obtenida depende del comportamiento de cada clon.

ABSTRACT

The research study itself was held in Hacienda Denise, property of Dublinsa S.A., located in rural community Las Mercedes, Isidro Ayora, province of Guayas. The geographic coordinates of the location are: 01°57' S 59" and 80°07' W 42"; at an elevation of 40 meters above sea level. The study developed throughout the months of May and August 2014, has the following objectives: establish the degree of compatibility of nine head clones of *Coffea canephora*, commonly known as Robusta coffee, carefully selected from Ecuadorian coastal line; determine the ability of these head clones to combine through artificial pollination; determine the characteristics that influence its overall production. The types of head clones of Robusta coffee used in this research are the followings: ConErbo 01, NP-2024, NP-4024, Cofenac 01, Cofenac 02, Cofenac 04, Cofenac 05, Cofenac 06 and ConETP 01.

In order to identify the degree of compatibility and the ability to combine, the researcher conducted a statistic test known as Yates' chi-squared test. To gather data of the statistical studies of the length of median branches, distance between nodes, total number of nodes, and total number of fruit per nodes, the researcher used a randomized design in unequal repetitions.

Based on the results of this research study, where the nine head clones had a total and equal participation, the following conclusions were established. When in self-pollination, the following head clones succeed: Cofenac 04, Cofenac 01, Cofenac 06 and ConErbo 01, due to the best reproductive results. Again, this result was identified and verified through Yates' chi-squared test.

In regard to supervised genetic cross, evaluated 20 days after cross day 1, the conclusion is the following: 42.12% of the total crosses in head clones

where able to combine. In the matter of the lengths of median branches, the results varied. The lengths are influenced by head clones' phenotype. Nevertheless, the number of nodes is independent of the braches' length. The outcome regarding the distance between nodes is similar between evaluated clones. About the number of fruits per nodes, the result depends on the behavior of each clone.

1. INTRODUCCIÓN

Existen dos especies de cafetos de importancia comercial a nivel mundial, ***Coffea arabica*** y ***Coffea canephora*** (variedad robusta). La bebida de mayor calidad se obtiene de *C. arábica*, que representa aproximadamente el 70% del café que se comercializa en el mundo, cuya producción proviene de aproximadamente un 90% de América Latina.

La variedad *C. canephora* se cultiva en áreas tropicales de menor altura, siendo el 80% de la producción de origen africano; sin embargo, en Latinoamérica países como Ecuador, requiere incrementar la superficie sembrada con este tipo de café para suplir en el corto-mediano plazo los requerimientos de una importante industria procesadora de cafés solubles así mismo para cubrir el déficit anual del grano, que bordea actualmente 1,2000.000 sacos.

En Ecuador, el cultivo de los materiales robusta se intensificó a partir de 1970, a partir de los trabajos realizados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), fue diseminando progresivamente en la Zona Central del Litoral ecuatoriano, especialmente en las plantaciones de Los Ríos, Guayas y las partes bajas de las provincias de Pichincha, Bolívar y Cotopaxi; además, de las zonas tropicales húmedas de Esmeraldas. Con la reforma agraria en la amazonia ecuatoriana, se colonizaron las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo en donde también se inició el proceso de expansión del café robusta. Las estaciones experimentales Pichilingue y Napo Payamino seleccionaron clones de alta producción, adaptadas al trópico húmedo de la Costa y Amazonía. De lo expuesto se deduce que el proceso de expansión del cultivo de café robusta se ha dado principalmente en ambientes del “trópico húmedo”.

Por otra parte, como continuación de un programa de mejoramiento genético en *C. canephora*, el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), en alianza

estratégica con la Empresa Dublinsa SA, han implementado un Centro Experimental de Café Robusta (Vera, 2012) ubicado en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora; provincia del Guayas (trópico seco), para la evaluación en campo de un grupo de genotipos de esta especie, en donde luego de siete años de evaluación de una serie de variables fenotípicas (agronómicos, sanitarios, productivos), sensoriales y genéticos (marcadores de ADN), se han identificado un grupo de plantas que reúnen características de interés comercial que ameritan su multiplicación masiva para las condiciones medioambientales del trópico seco.

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 “autoincompatibilidad gametofítica” de los clones en estudio y del grado de compatibilidad existente entre ellos. 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 descendencia¹.

En nuestro medio no se ha realizado trabajos de investigación cafetalera específicos de hibridación en café robusta. En este sentido, en el presente trabajo de investigación fue necesario conocer el grado de compatibilidad genética de las plantas “cabeza de clon” seleccionados en el litoral ecuatoriano, para iniciar el proceso de obtención de híbridos (F1) y la formación de una nueva variedad.

¹ Ramirez, 2006, Mejora de plantas Alogamas.

Dentro del programa de investigación del Centro Experimental de Café Robusta, se ha evaluado la capacidad de autogamia de cada cabeza de clon (nueve elegidos previamente); los cuales se estudiaron a través de la manifestación de la compatibilidad de cada uno; así como se realizaron cruzamientos entre los materiales, a fin de analizar su habilidad combinatoria. Además se evaluó variables agronómicas como longitud de rama intermedia, número de nudos productivos, distancia entre nudos productivos, el número de frutos por nudo; con el objetivo de definir la relación entre los clones que demostraron buena capacidad combinatoria y los de las mejores variables ya mencionadas, que influyen en la capacidad productiva del clon.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la compatibilidad y habilidad combinatoria en nueve materiales de café robusta, así como las características de las ramas productivas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer el grado de compatibilidad entre nueve “cabezas de clon” de café robusta seleccionadas en el litoral ecuatoriano.
- Determinar la habilidad combinatoria mediante polinizaciones artificiales entre nueve “cabezas de clon” de café robusta de alta productividad.
- Determinar características que influyen en las ramas productivas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Botánica del cafeto

El cafeto es el nombre que identifica a las plantas del género *Coffea* que está constituido por más de 80 especies, todas diploides y alógamas con excepción de *Coffea arabica* que es tetraploide y autógama. El origen de todas estas especies es el continente Africano y la región de Madagascar. Todas las especies del género *Coffea* pueden ser cruzadas entre ellas, con diferente grado de infertilidad (Eskes, 1989). El café es el término con el que se identifica a los frutos y semillas de los cafetos, así como a los productos derivados en las distintas fases de procesamiento y usos, destinados al consumo humano.

De las diversas especies que tiene el género *Coffea*, solo dos de ellas tienen importancia económica real y son: *Coffea arabica* L (Café arábigo) y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) (Charrier y Berthaud, 1985). Al café arábigo le corresponde del 60 al 70% de la producción mundial y al café robusta entre el 40 al 80 por ciento (Hilten *et al*, 2002), consultados también en Duicela *et al* 2004.

Una característica importante del género *Coffea* es que la mayor parte de especies contienen cafeína en sus semillas. La especie *Coffea canephora* se caracteriza por tener un alto contenido de cafeína que va de 1,3 a 5,2 por ciento de materia seca (Eskes, 1989).

2.2 Clasificación botánica del café robusta

Según Eskes (1989), Monroig (s.f), Tomalá y Espinoza (2012) la clasificación botánica del café robusta es como sigue:

Clasificación botánica del café robusta

- Reino: Vegetal
- Subreino: Angiosperma
- Clase: Dicotiledónea
- Orden: Rubiales
- Familia: Rubiaceae
- Género: *Coffea*
- Especie: *Coffea canephora* Pierre ex Froehner

2.3 Características de la especie

De acuerdo a Ferwerda y Wit (1987) el café robusta presenta las siguientes características fenotípicas y genéticas (Tabla 1).

Tabla 1. Principales características del café robusta

Características	Descripción
Tipo de planta:	Árbol
Copa:	Irregular
Sistema radical:	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 cimbras
Flor:	Formada por cáliz, corola, estambres y pistilo. Autoestéril.
Fruto:	Drupa elipsoidal o sub oblonga
Contenido de cafeína (en % de materia seca):	1,3 a 5,2
Fecundación:	Alógama
Estructura genética:	Diploide
Número de cromosomas:	2n = 22

2.3.1 Raíz

El sistema radicular del café robusta es abundante, la masa de raíces se concentra en las capas superiores del suelo. Las raicillas del cafeto son bastante superficiales y se encargan de tomar el agua y los nutrientes minerales (Monroig, s.f.). En los primeros diez centímetros de profundidad del suelo se encuentra más de la mitad del sistema radical (Duicela, *et al* 2004).

2.3.2 Tallo y ramas

Las plantas de esta especie son pequeños árboles vigorosos, de altura variable, pudiendo alcanzar hasta los 12 metros. Los árboles de café robusta pueden ser monocaules (un solo tallo productivo) o multicaules (varios tallos productivos). La planta de café robusta tiene un crecimiento dimórfico: los tallos principales (ejes ortotrópicos) tienen un crecimiento vertical y las ramas plagiotrópicas, crecen horizontalmente (Hood, 1966 y Duicela, *et al* 2004).

2.3.3 Hojas

El café robusta presenta hojas anchas de bordes orlados o lisos, de forma oblonga – elíptica, cortas, acuminadas, redondeadas o ampliamente acunadas en su base, de 15-30 cm de largo y 5-15 cm de ancho; la nervadura media es plana por arriba, prominente por debajo; las nervaduras laterales son de 8-13 pares; el pecíolo es fuerte de 8-20 mm de largo. Pueden ser ampliamente triangulares, largas puntiagudas, connatas por su base y semi-persistentes (Méndez, 2011 y Duicela, *et al* 2004).

2.3.4 Flores

Al igual que la mayoría de especies de la familia *Rubiaceae*, la disposición floral del cafeto es distal; es decir, en grupos separados de yemas, que brotan en los nudos a lo largo de las ramas laterales, (PROCAFÉ, s.f.). El café robusta tiene flores hermafroditas de incompatibilidad gametofítica. Las flores son de color blanco, en dos racimos axilares, sésiles. La corola tiene de 5-6 lóbulos, el tubo sólo un poco más corto que los lóbulos. Los estambres y el pistilo bien salidos (Méndez, 2011 y Duicela, *et al* 2004).

El café robusta puede florecer una o varias veces al año, con una lluvia de 10 mm después de un período de estrés hídrico. En las zonas cercanas al

Ecuador, la floración puede ocurrir durante todo el año (Montagnon, *et al* 1998). Las floraciones en Rondonia, Brasil, ocurren de 5 a 8 días después de una precipitación de 15 mm (EMBRAPA, 2009 y Duicela, *et al* 2004).

Para el caso de estudio, la flor del café posee los cuatro tipos de estructuras propias de una flor completa: dos estructuras estériles (cáliz y corola), y dos estructuras fértiles: los carpelos (ovario, estilo y estigma) y los estambres, (Arcila, 2004). La flor posee cinco estambres de 6 a 8 mm de largos, los cuales se insertan entre los lóbulos de la corola, donde cada estambre posee una antera con cuatro sacos polínicos. El estilo y los estigmas poseen una longitud (12 a 15 mm) que los hace sobresalir ligeramente por encima del tubo de la corola (Arcila, *et al.*, 2007). La flor del café posee atrayentes para los insectos como los nectarios y una alta producción de fragancia que se producen desde el momento mismo de la antesis y son fundamentales para aumentar las visitas florales (Mendez, 2011).

El estigma permanece receptivo por espacio de tres días y en ocasiones, con buenas condiciones de ambiente, pueden permanecer por 4 días.

Dependiendo del ambiente, a las 10 am hay un incremento considerable de los granos de polen en el ambiente, especialmente cuando este es seco y no hay mucho viento. Se estima que entre el 78 y 80 % de los granos de polen son normales, de estos solamente 83 % de los granos tienen una germinación adecuada (Enríquez 1985 y Duicela, *et al* 2004).

Después de tres o cuatro días de fecundadas las flores se secan y la corola, tras de haber cumplido su misión de atrayente se cae, solo se preserva el estigma del pistilo. (León, 1962 y Duicela, *et al* 2004).

Durante el desarrollo de la inflorescencia y de la flor ocurren las siguientes etapas: inducción floral e iniciación de la inflorescencia (primera etapa), que ocurre a nivel molecular a una tasa muy rápida y no diferenciable externamente. Después de la inducción se inicia la inflorescencia y en este

estado el nudo está rodeado por estípulas de color verde claro. El desarrollo de la inflorescencia continúa y puede durar de 30 a 35 días aproximadamente. La segunda etapa es la de desarrollo de los botones florales en las yemas. Termina en el momento en que se observan los botones florales adheridos entre sí y todavía sin abrir emergiendo en una inflorescencia multifloral. Los botones alcanzan el tamaño de un “comino”. Esta etapa tiene una duración en promedio, de 45 días. En la tercera etapa, los botones florales alcanzan un tamaño de 4 a 6 mm, se separan y aun verdes, cesan su crecimiento entrando en una fase de reposo que puede durar alrededor de 30 días. Esta inactividad es una verdadera latencia, inducida por la exposición continua de la yema a estrés hídrico o a factores endógenos.

En una cuarta etapa, influyen ciertas causas como: las lluvias repentinas, la reducción súbita de la temperatura, la variación de los contenidos de ácido giberélico y el estrés hídrico, pueden estimular el crecimiento del botón floral latente, que aumenta su longitud 3 ó 4 veces. Los botones inician la etapa de pre antesis, la cual se detecta por la coloración blanquecina de los pétalos, todavía cerrados. Esta etapa dura de 6 a 10 días.

La última etapa es la de antesis o florescencia (apertura de la flor) propiamente dicha. Una flor abierta dura en promedio 3 días. (Barros *et al.*, 1978; Camayo *et al.*, 1996; Wormer y Gituanja, 1970).

2.3.5 Frutos

La fecundación es la unión del grano de polen con el óvulo, formando el cigoto que da origen al fruto. El fruto del cafeto es una drupa elipsoidal, que está formado por el epicarpio (cáscara), mesocarpio poco acuoso, endocarpio (pergamino) y endospermo o semilla. Los granos de café robusta tienden a ser más pequeños que los de arábica. Según el clon, la forma del

grano puede ser redondeada, ovalada o elíptica, con puntas pronunciadas (Duicela, *et al*, 2005, y citado por Mendez 2011).

El período de maduración de los frutos es variable, dependiendo de la variedad y el medio ambiente y puede ir de 8 a 12 meses (Montagnon, *et al* 1998). El Instituto Brasileiro de café (1981) reporta que las cerezas del café robusta están en su punto de maduración, entre los 240 y 270 días después de la floración, dependiendo de los factores climáticos de las zonas de cultivo, especialmente de la temperatura. (Mendez 2011). Las variedades de café “robusta” y “Conilón” presenta plantas con ciclos de maduración de frutos precoces (240 días), intermedias (270 días), tardías (300 días) y extremadamente tardías (330 días) (EMBRAPA, 2009).

2.4 Requerimientos edafoclimáticos del café robusta

El café robusta, originario de regiones ecuatoriales bajas, calientes y húmedas del Congo (África), se adapta a las siguientes condiciones edafoclimáticas: pendientes planas o ligeramente inclinadas, suelos de textura franca, estructura granular, profundos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica, pH 5.5 a 6.5, temperaturas de 18 a 27 °C, requerimiento de agua de 2.000 a los 3.000 mm anuales, heliofanía mayor a 1.000 horas luz/año y altitud menor a los 600 metros sobre el nivel del mar (Duicela, *et al* 2004).

2.5 Orígen y distribución del café robusta

La especie *Coffea canephora*, Pierre ex Froehner, conocida como café robusta, fue descubierta en el Antiguo Congo Belga, en el siglo XIX, y se introdujo en el Sudeste de Asia, en 1900, después de que la roya del cafeto, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, destruyera los cultivos de café arábigo, en Ceilán, hoy Sri Lanka, en 1869; así como, la mayoría de

cafetales de baja altura, en Java en 1876. La especie *Coffea canephora* es una especie nativa de África Ecuatorial, en las zona tropicales húmedas de Guinea, Congo y Uganda (Duicela, *et al* 2006).

Los cafés robustas, debido a su naturaleza alogámica, se caracterizan por una gran variación de formas y ecotipos, distinguiéndose tres grupos: el café *congolensis* (originario del Congo), el café *guinensis* (originario de Guinea) y el café encontrado posteriormente en África Central denominado como *Kouilou*, de donde se deriva el café conilón (Clifford y Wilson, 1985).

En los años 80, mediante la técnica de "*isozyme electrophoresis*", fueron caracterizados dos grupos genéticos de las poblaciones silvestres de *C. canephora*: *Guineanos* (región Guinea, Costa de Marfil) y *Congoleños* (África central: República Centroafricana, Congo, Camerún) (Berthaud, citado por Montagnon, *et al.* 1992).

Posteriormente, se demostró, por la misma técnica, que los genotipos congoleños se dividían en dos subgrupos: *subgrupo 1*, a partir de variedades cultivadas de Gabón y Benin; y el *subgrupo 2*, formado por los genotipos silvestres y cultivados con origen en la zona central del continente Africano. El subgrupo 1 incluye algunas variedades del Congo llamado "Kouillou" con origen en una zona de Benín a Gabón. El subgrupo 2 incluye todas las variedades conocidas como "Robusta" de África Central (Montagnon *et al.* 1992).

Al Ecuador, se introdujeron varias líneas de *Coffea canephora* desde el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa Rica, hacia la EETP del INIAP, ubicada en Quevedo, en 1943, 1951, 1964 y 1972. En 1977 y 1986 se realizó dos nuevas introducciones desde el CATIE. En 1984 se realizó la introducción de ocho accesiones de café robusta, variedad Conilón procedente del Instituto Agronómico de Campinas (IAC), desde Brasil; y, en el 2006 una misión de observación organizada por el Programa PRONORTE introdujo material del ecotipo Conilón desde el

Estado de Rondonia – Brasil (INIAP, s/f). En la Tabla 2, se resume las introducciones de germoplasma de café robusta al Ecuador.

Tabla 2. Introducción de germoplasma de café robusta al Ecuador

Material genético	Año de introducción	Procedencia	Accesiones
Canephora (robusta)	1943	Catie - Costa Rica	
Canephora (robusta)	1951	Catie - Costa Rica	
Canephora (robusta)	1964	Catie – Costa Rica	6 (en semilla)
Canephora (robusta)	1972	Catie – Costa Rica	2 (en plantas)
Canephora (robusta)	1977	Catie – Costa Rica	17 (en semilla)
Canephora var. Conilón	1984	IAC, Brasil	en semilla
Canephora (robusta)	1986	Catie – Costa Rica	8 (en semilla)
Canephora var. Conilón	2006	EMBRAPA, Rondonia – Brasil	en semilla

El café robusta, desde la Estación Pichilingue, se fue diseminando progresivamente en la zona central del litoral ecuatoriano, especialmente en Quevedo, Mocache, San Carlos, Ventanas, Valencia, La Maná, Buena Fe, Patricia Pilar y Santo Domingo de los Colorados. La sequía de 1968, que afectó severamente a las provincias de Manabí y Loja, provocó una alta migración interna hacia las zonas de colonización en el litoral y Amazonía.

En estas circunstancias, el café de la especie robusta fue empleado para colonizar muchas zonas tropicales húmedas, por su adaptabilidad y altos rendimientos en sus primeros años de producción. Además de los colonos, varias comunidades indígenas de la Amazonía, desde Napo hasta Sucumbíos, fueron cultivando el café robusta en sus fincas, considerando la adaptabilidad y los beneficios económicos que representaba para las familias.

Cabe indicar que la propagación del café robusta, hasta 1990, se realizaba por la vía sexual; es decir, se usaba la semilla. La mayor parte de las plantaciones de café robusta del país se establecieron usando los llamados “lechuguines”, que son aquellas plantas que crecen espontáneamente debajo de los cafetos, a partir de los frutos caídos. Esta forma de reproducción sexual, en el café robusta que es una especie alógama (polinización cruzada), provocó una alta heterogeneidad de las plantaciones. (Duicela, *et al* 2004).

2.6 Germoplasma de café robusta en el Ecuador

La antigua Estación Experimental Napo Payamino del INIAP, localizada en el cantón Francisco de Orellana, en la provincia del mismo nombre, seleccionó siete clones de café robusta, considerando la producción por planta y la arquitectura del cafeto (Chiguano y Játiva, 1998). La EETP del INIAP, seleccionó cuatro clones de alta producción, adecuada arquitectura y con cierta tolerancia a los nematodos del género *Meloidogyne* (Romero, 1999); así como, seis clones del tipo Conilón, introducidos desde Bahía – Brasil. (Duicela, *et al* 2004).

El COFENAC, en el 2007, seleccionó 16 “cabezas de clon” de café robusta que se caracterizan por su alta producción, amplia adaptabilidad y excelentes características físicas de los granos. Con este material,

identificado por INIAP y COFENAC, durante el 2007 se establecieron tres bancos de germoplasma de café robusta, en Napo, en Los Ríos y en el Guayas COFENAC (2011). Estos 32 materiales genéticos de café robusta son parte del banco de germoplasma en el cantón Isidro Ayora.

Cabe mencionar que además, en el 2009, en el marco de un proyecto “Sistemas de producción de semilla de café arábigo y de multiplicación de clones superiores de café robusta para la reactivación de la caficultura ecuatoriana”, (Duicela, *et al* 2004) el COFENAC seleccionó 32 nuevos “cabezas de clon” de café robusta, en fincas ubicados en la Amazonía norte (COFENAC – MAGAP, 2010). Este material fue establecido en dos “bancos de germoplasma” de café robusta ubicados en la Provincia de Santa Elena, con la colaboración de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).

En el 2010, en el marco de un proyecto de desarrollo ejecutado por el COFENAC en alianza con la empresa Solubles Instantáneos C.A., se seleccionaron 50 “cabezas de clon” de café robusta de fincas ubicadas en las provincias de Cotopaxi y Bolívar, con los cuales se establecieron dos “bancos de germoplasma” en el cantón Echeandía, provincia de Bolívar (COFENAC y SICA, 2011).

2.7 Criterios de selección de café robusta

El “*ideotipo*” de una población clonal de café robusta es la representación cuantitativa y cualitativa de las características agronómicas, sanitarias, productivas, físicas del grano, organolépticas de la bebida e industriales, que son deseables en una población futura, según la visión del fito-mejorador, quien define los parámetros óptimos de selección tomando en consideración la naturaleza del germoplasma disponible y las exigencias del mercado.

La prioridad de la selección fue la obtención de clones de alta producción y con resistencia a enfermedades. Diversos acontecimientos han contribuido

para cambiar la prioridad de selección: la inestabilidad de los precios mundiales del café y la necesidad de disminuir los costos de producción, el agotamiento de las fronteras agrícolas, la educación del consumidor para evaluar la calidad del café, además de los conceptos de protección y conservación del ambiente. Los clones y/o variedades seleccionados tendrán que presentar un alto potencial de producción, una buena calidad, reducidos costos de producción por insumos y mano de obra; y, bajo impacto ambiental (Montagnon *et al*, 1988).

La productividad es el criterio de selección más importante. El agricultor puede esperar una producción mayor a dos toneladas de café oro/hectárea, si trabaja con un adecuado nivel de tecnificación (Montagnon *et al*, 1988).

La calidad del café comprende todas las características físicas, químicas y organolépticas deseables por los tostadores y consumidores. Los criterios utilizados para determinar la calidad del café son el tamaño y apariencia visual del grano y el potencial organoléptico. El potencial de extracción para hacer café soluble también es importante para la industria, mientras que los requerimientos de alto contenido de cafeína son variables (Montagnon *et al*, 1988).

De acuerdo a COFENAC (2012), los cafetos de café robusta para ser considerados “cabeza de clon” deberán tener adecuadas características agronómicas, sanitarias y productivas:

- **Porte bajo – mediano.**- Los cafetos “cabeza de clon” deben tener un porte bajo - mediano, situación que facilita cultivar en densidades poblacionales altas.
- **Flexibilidad.**- Los tallos y ramas de los cafetos deben presentar flexibilidad para evitar la rotura y/o desgajes (desgarres) durante la cosecha.

- **Buena arquitectura.**- Los cafetos deben ser preferentemente multicaules (varios tallos productivos); además, deben tener alta cantidad de ramas de buena longitud.
- **Entrenudos cortos.**-Las ramas de cafeto deben presentar una distancia de entrenudos corto, lo cual es un indicio de una alta capacidad de producción.
- **Frutos/nudo.**- Un buen árbol “cabeza de clon” debe tener por lo menos 40 frutos/nudo.

Además; deben ser sanas y vigorosas, libre de enfermedades y con cierta tolerancia a las principales plagas.

- **Libre de enfermedades.**- Las plantas “cabeza de clon” deben presentar un buen estado sanitario, especialmente estar libres de enfermedades como: mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*), mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y viruela (*Colletotrichum coffeanum*).
- **Tolerancia a plagas.**- Los cafetos no deben presentar ataques intensos de taladrador de la ramilla (*Xilosandrus morigerus*) ni de la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

De acuerdo a COFENAC (2012), una planta “cabeza de clon” debe garantizar una alta producción de café cereza/planta, reducido índice de frutos vanos, maduración uniforme y adecuada conversión de café cereza a café oro.

- **Alta productividad.**-La producción de café cereza por planta/año debe ser muy alta (más de 10 kilos de café cereza/año).
- **Pocos frutos vanos.**- El índice de frutos vanos no debe ser, en ninguna circunstancia, mayor al 5 por ciento.

- **Maduración uniforme.**- La maduración de las cerezas debe ser estacionaria y uniforme.
- **Relación café cereza a café oro.**- La relación de café cereza a café oro debe ser igual o menor de 4.5:1. Esto significa que 450 libras de café cereza madura deberán dar alrededor de 100 libras de café oro, al 12% de humedad.
- **Tamaño del grano.**- La mayor proporción de granos, al 12% de humedad, debe ser zaranda 15 arriba ($\leq Z15$).

2.8 Mejoramiento genético de café

La mayoría de las selecciones de robusta (diploides $2n = 24$), son auto incompatibles y por lo tanto son en general de polinización cruzada. Se conoce también incompatibilidad cruzada. Se sabe muy poco sobre la base o constitución genética de esta característica y de la forma de heredarla. Como las plantas de café robusta tienen algunas características especiales, varios son los métodos que se pueden adoptar para el mejoramiento (Robinson, 1980):

- a) "Poblaciones de polinización abierta", esto se puede producir puesto que el café robusta tiene un alto porcentaje de polinización cruzada, la cual está controlada genéticamente y por el ambiente, en el momento de la apertura y polinización de las flores.
- b) "Híbridos", dentro y entre especies. En general las mejores selecciones modernas son el resultado de hibridaciones interespecíficas de diferentes genotipos de plantas que hacen una buena combinación de genes o génica y en algunos casos se aprovecha el vigor híbrido, si se lo puede fijar en una población. Téngase en cuenta que hay grandes diferencias con el café arábigo que tiene un número de cromosomas diferentes ($2n = 48$). Se han encontrado híbridos naturales como el híbrido de timor, que es una variedad estable y que tiene muchas características del café robusta.

d) "Clonación" de plantas superiores, seleccionadas y que pueden reproducirse rápidamente, por medios convencionales o no convencionales.

2.9 Cruzamientos dialélicos

El sistema de cruzamientos dialélicos es definido por Hayman (1954), como el conjunto de todos los cruzamientos posibles entre varios genotipos.

Hayman (1954) Y Jinks (1954-1956), mencionan que el análisis de cruzamientos dialélicos proporciona una media valiosa para determinar los méritos de las posibles combinaciones híbridas; así mismo Hull (1945), propuso el uso de estos cruzamientos dialélicos para investigar las propiedades genéticas de un grupo de líneas homocigotas (Vega, Bejarano. 1975)

Hayman (1954) aplicó una formulación genética a la teoría de cruzamientos dialélicos incluyendo la progenie de "n" líneas homocigotas y sus " $n^2 - n$ " cruzamientos.

El comportamiento de líneas en su combinación híbrida es lo que generalmente se refiere como capacidad o aptitud combinatoria. Este comportamiento en híbridos ha sido dividido en dos categorías: capacidad combinatoria general y específica (Vega y Bejarano, 1975).

2.10 Aptitud combinatoria general

Los términos de capacidad combinatoria general y específica fueron originalmente definidos por Strague y Tatum (1942), cuando utilizaron el sistema de cruzamientos dialélicos como un procedimiento de pruebas de líneas endocriadas.

Ellos definen el término de capacidad combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas (Vega y Bejarano, 1975).

Según conclusiones basadas en los estudios de Johnson y Hayes (1940), y Cowan (1943) para la obtención de una buena expresión del vigor híbrido, sólo es necesario disponer de uno de los padres con alto habilidad combinatoria general; ya que ellos no encontraron diferencias significativas cuando se compararon los cruces (alto x alto) y (alto x bajo); las posibles diferencias que puedan haber dentro de cada uno de estos cruces (alto x alto y alto x bajo) dependerá de la magnitud de su habilidad combinatoria específica.

Por consiguiente, en un programa de hibridación ésta fase sería determinante en la obtención de mejores híbridos (Vega y Bejarano, 1975).

2.11 Aptitud combinatoria específica

El término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas (Vega y Bejarano, 1975).

La progenie de un cruzamiento de hermanos completo en particular tiene un desempeño mejor del que puede ser predicho desde la aptitud combinatoria general de ambos progenitores (Cowan, 1943).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

La investigación se realizó durante los meses de Mayo a Agosto de 2014 en la Hacienda Denise, propiedad de la Empresa Dublinsa S.A., ubicada en el recinto Las Mercedes, del cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. Las coordenadas geográficas son: 01°57'59" de latitud sur y 80°07'42" de longitud oeste; a 40 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Características climáticas

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge, la zona de Las Mercedes corresponde a la formación ecológica "*Bosque muy seco tropical*". La temperatura media anual oscila entre los 24 y 32 ° C; y las lluvias varían entre los 800 y 1.000 milímetros.

El tipo de suelos de la zona donde se encuentra instalado el banco de germoplasma de café robusta es "*Arcilloso gravilloso, seco, vértico y calcáreo*" (indicadores C´dvd), según el mapa general de clasificación de suelos por capacidad – fertilidad². Los suelos con estas características son originados en su mayor parte de materiales aluviales recientes sobre las llanuras y terrazas (medias y altas). Presentan texturas finas (arcillosas, arcillo limosas, limo-arcillosas), con predominio de la fracción arcilla en su granulometría. Además, debido a que el volumen de micro poros y poros capilares es mayor, tienen una gran capacidad de retención de agua. (Duicela, 2004). Estos suelos se desarrollan bajo ambientes secos, con un déficit hídrico marcado.

². Mejía, L. 1997. Suelos del Ecuador. Reconocimiento general en base a su capacidad – fertilidad y mapa general de clasificación por capacidad–fertilidad. Quito, Ecuador. 57 P.

La información climática disponible del INAMHI³, para el periodo 2005 – 2009 (promedio de cinco años). En el diagrama ombrotérmico establece ocho meses ecológicamente secos correspondientes al período de mayo a diciembre.

3.3 Materiales

Durante el desarrollo del trabajo experimental, se utilizaron los siguientes materiales:

- Pincel
- Tela (mangas)
- Alambre (mangas)
- Cajas Petri
- Hojas blancas
- 9 cabezas de clon
- Plumas
- Flexómetro
- Computadora
- Estacas
- Lápiz
- Tabla de apuntes
- Alcohol
- Piola
- Cámara fotográfica

3.4 Tratamientos estudiados

Los tratamientos utilizados para el estudio de compatibilidad genética se realizó en nueve “cabezas de clon” (CC) de café robusta que mantiene la empresa Dublinsa S.A., los cuales se indican a continuación:

³. Referencia Estación Meteorológica Guayaquil Universidad Estatal de Guayaquil (MA2V).

Nº	Código	Descripción	Selección y procedencia
CC1	CON-ERB 01 Planta (17)	Selección de la variedad Conilón de Embrapa, Rondonia, Brasil	Rondonia, Brasil
CC2	NP-4024 P 18	Estación Napo Payamino Introducción 4024	INIAP-NAPO
CC3	COF-01 P 07/02	Consejo Cafetalero Nacional Selección 01	COFENAC, Orellana
CC4	CON-ETP 01 P 11/14	Selección de la variedad Conilón. Estación Pichilingue 01	Brasil
CC5	COF- 02 P 18/16	Consejo Cafetalero Nacional Selección 02	COFENAC, Orellana
CC6	NP-2024. P 18	Estación Napo Payamino Introducción 2024	INIAP-NAPO
CC7	COF-04 P 16/05	Consejo Cafetalero Nacional Selección 04	COFENAC, Orellana
CC8	COF- 05 P 02/20	Consejo Cafetalero Nacional Selección 05	COFENAC, Orellana
CC9	COF- 06 Todas menos la planta 02	Consejo Cafetalero Nacional Selección 06	COFENAC, Orellana

3.5 Cruzamientos y autofecundaciones

Los tratamientos resultaron de los cruzamientos realizados por el “método de cruzamientos dialélicos incompletos”. Se efectuaron 36 polinizaciones cruzadas y nueve autopolinizaciones, según la siguiente matriz.

		Masculino								
		CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9
Femenino	CC1	X								
	CC2	CC2 x CC1	X							
	CC3	CC3 x CC1	CC3 x CC2	X						
	CC4	CC4 x CC1	CC4 x CC2	CC4 x CC3	X					
	CC5	CC5 x CC1	CC5 x CC2	CC5 x CC3	CC5 x CC4	X				
	CC6	CC6 x CC1	CC6 x CC2	CC6 x CC3	CC6 x CC4	CC6 x CC5	X			
	CC7	CC7 x CC1	CC7 x CC2	CC7 x CC3	CC7 x CC4	CC7 x CC5	CC7 x CC6	X		
	CC8	CC8 x CC1	CC8 x CC2	CC8 x CC3	CC8 x CC4	CC8 x CC5	CC8 x CC6	CC8 x CC7	X	
	CC9	CC9 x CC1	CC9 x CC2	CC9 x CC3	CC9 x CC4	CC9 x CC5	CC9 x CC6	CC9 x CC7	CC9 x CC8	X

X: Autopolinización

El número de cruzamientos y autofecundaciones realizadas se efectuaron de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\frac{N(n-1)}{2} = \frac{9 \cdot 8}{2} = 36 \text{ cruces; donde:}$$

N: número total de materiales genéticos

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

3.6 Análisis estadístico

Para determinar la aptitud combinatoria de los cafetos “cabeza de clon” se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Ji Cuadrado con corrección de Yates (χ^2), al nivel de 5% de probabilidad.

La ecuación se describe a continuación:

$$X^2 = \frac{\{[\sum (O - E)] - 0.5\}^2}{E}$$

Dónde:

X^2 = Estadístico Ji Cuadrado

O = Valor observado

E = Valor esperado

Para realizar análisis estadísticos complementarios se utilizó el diseño completamente al azar en repeticiones desiguales (DCA).

3.7 Manejo del ensayo

Durante el manejo del trabajo experimental se aplicaron las Buenas Prácticas Agrícolas. Para realizar el presente estudio se procedió a identificar en el campo las plantas “cabezas de clon” y las plantas que genéticamente fueron iguales a las “cabeza de clon” previamente comprobadas por un análisis genético, las cuales pasaron a ser el material con el que se realizó la evaluación.

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.

N°	CABEZAS CLON	PLANTAS DISPONIBLES					PLANTAS ELEGIDAS
1	NP-2024	7	11	12	13		7 Y 13
2	NP-4024	15	9	18	19		18
3	CON-ERB 01	17					17
4	COF-O 02	5	4	6	17	18	18,5,6,4
5	COF-O 05	2	10	14	19		10 Y 2
6	COF-O 04	2	5	16	18	6	16,5,6
7	COF-O 06		todas menos la planta 2				17
8	COF-O 01	2	4	7	8	11	7,2,4
9	CON-ETP 01	2	11	14	12		11,12,14

Luego de seleccionadas las plantas a utilizar, se procedió a elaborar la matriz de autopolinizaciones y cruzamientos; en la cual se ordenaron los clones según el material disponible en campo.

Cruces		PROGENITORES MASCULINOS								
		conerbo 01	NP-4024	cof-01	con ETP-01	cof-02	NP-2024	cof-04	cof-05	cof-06
PROGENITORES FEMENINOS	Conerbo 01	Auto_cruzamiento								
	NP-4024	np-4024 x erbo01	A							
	cof-01	cof01 x erbo01	cof01 x np-4024	A						
	conETP 01	conETP01 x erbo01	conETP01 x np-4024	ConETP01 x cof01	A					
	cof-02	cof02 x erbo01	cof02 x np-4024	cof02 x cof01	cof02 x conETP01	A				
	NP-2024	np2024 x erbo01	np2024 x np-4024	np2024 x cof01	np2024 x conETP01	np2024 x cof02	A			
	cof-04	cof-04 x erbo01	cof-04 x np-	cof04 x cof01	cof04 x	cof04	cof04 x	A		

		4024		conETP 01	x cof0 2	np20 24			
cof-05	cof-05 x erbo01	cof-05 x np- 4024	cof05 x cof01	x conETP 01	cof0 5 x cof0 2	cof05 x np20 24	cof05 x cof04	A	
cof-06	cof06 x erbo01	cof06 x np- 4024	cof06 x cof01	x conETP 01	cof0 6 x cof0 2	cof06 x np20 24	cof06 x cof04	cof0 6 x cof0 5	A

Para realizar las autopolinizaciones y cruzamientos se procedió a observar los glomérulos de las ramas de las plantas previamente seleccionadas, cuyos botones florales se encontraban con mayor desarrollo y en mayor cantidad, se procedió a aislarlas con un túnel elaborado con alambre y tela para impedir el ingreso de agentes polinizadores naturales; además de evitar que los estigmas y flores toparan el túnel.

Al cubrir las ramas, se dejó únicamente los nudos que se encontraban en estado de dormancia (primer estado floral), el restante que se encontraba 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 del túnel y facilitar los trabajos. En la parte externa de los túneles o mangas, se identificó la rama; si era para cruzamiento, autopolinización o para flor masculina, según la matriz de cruzamientos.

Cuando las flores se encontraban en estado de antesis (4to estado floral) y con un color blanco, se procedió a emasculas las flores que fueron polinizadas dejando sólo el estigma, y aquellas que sirvieron para donar polen se las dejaba 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.

En el caso de las autopolinizaciones, se utilizaron las flores de la misma rama encapsulada para realizar las polinizaciones cuando las mismas estén abiertas (1 día después de la emasculación). Una vez abiertas las flores, se procedió a retirarlas de las ramas para rozarlas con los estigmas correspondientes; dando paso a la caída del polen sobre los mismos. Luego de haber concluido el proceso, se procedió a cubrir nuevamente las ramas para su protección y correcto desarrollo.

En el caso de los cruzamientos dirigidos, se realizó el mismo proceso de aislamiento de las ramas en los túneles. Además se procedió a eliminar los glomérulos que se encontraban en otra fase de floración, ya sea de mayor o menor desarrollo que la que se requería para realizar el trabajo de polinizaciones.

Luego de cubrir las ramas, se procedió a identificar en la parte externa de la manga, el cruce correspondiente. En el caso de ser una rama cuyo objetivo era donar sus flores como progenitores masculinos, se las identificó en la parte externa de la manga con el objetivo de definir y evitar posibles confusiones. Las flores de estas ramas, se las dejó florecer naturalmente dentro de la manga, para que una vez abiertas cosecharlas y guardarlas en cajas Petri (previamente rotuladas) para el momento de realizar los cruzamientos respectivos.

Cuando los glomérulos de las ramas que se destinaron como progenitores femeninos (flor que recibió el polen de las flores masculinas) se encontraban en fase de velas, es decir listas para ser emasculadas; se procedió a abrir las mangas y realizar la emasculación correspondiente, dejando únicamente los estigmas. Una vez concluida la emasculación, se procedió a contar los estigmas para realizar las evaluaciones posteriores, y por último se procedió a cerrar nuevamente la manga. Al día siguiente de ser emasculadas las flores, se procedió a polinizar los estigmas con el polen de las flores

cosechadas y almacenadas en cajas Petri; cumpliendo en lo planificado en la matriz de cruzamientos.

El riego se dio por goteo en un tiempo dos horas 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 someter a la planta a un estrés por falta de agua. Luego se procedió a aplicar nuevamente el riego; para inducir a la planta a desarrollar con mayor rapidez sus flores.

Además del desarrollo de la determinación de la aptitud combinatoria y genética de los materiales superiores, se realizó una caracterización de variables agronómicas para definir si existe relación de las mismas con la aptitud genética de los materiales. Las variables evaluadas fueron las siguientes: longitud de rama intermedia (medida con un flexómetro), número de nudos productivos (conteo manual), distancia entre nudos productivos (medida entre nudo y nudo) con un flexómetro y número de frutos/nudo (conteo manual de un nudo intermedio).

Las cuales fueron tomadas en campo al azar entre las plantas seleccionadas genéticamente iguales a las “cabezas de clon”.

Durante el trabajo experimental, los fertilizantes aplicados fueron Osmocote (25g/planta) y Microezenciales (75g/planta).

El control de malezas se realizó mecánicamente usando moto guadañas periódicamente.

Como prevención para insectos plaga se aplicó cipermetrina (1 lt/ha) y como prevención para hongos, se aplicó un aceite agrícola (2 lts/ha).

3.8 Variables evaluadas

En una muestra de nueve plantas tomadas al azar de los nueve tratamientos cabeza de clon evaluadas se registraron las variables que se indican a continuación:

3.8.1 Longitud de rama intermedia (cm)

Para el efecto, las ramas del tercio medio de cada planta se procedió a medirlas en centímetros desde la base hasta el ápice de la misma. Para realizar las mediciones, se utilizó un flexómetro.

3.8.2 Numero de nudos productivos

En esta variable los nudos productivos se contaron en las ramas del tercio medio de cinco plantas.

3.8.3 Distancia entre nudos productivos (cm)

La variable indicada se determinó en centímetros, midiéndose para ello con un flexómetro la distancia entre dos nudos productivos que estaban ubicados en una rama intermedia.

3.8.4 Número de frutos/nudo

Para el caso, en una rama de la parte central de cada cafeto seleccionado, se procedió a contar el número de frutos, luego se procedió a promediar.

3.8.5 Autocompatibilidad

La variable que se registró a los 15 y 30 días después de la fecundación natural en las flores de los tratamientos evaluados. Para el efecto, del total de las flores polinizadas de cada cruce correspondió al 100%; mientras que

el 50% se consideró para la efectividad de los cruces y el 50% restante a la ausencia de los resultados obtenidos.

3.8.6 Cruzamientos

Los 36 cruzamientos se realizaron de acuerdo con la matriz planificada. Para el efecto se consideró el 100% del total de las flores polinizadas de cada cruce; en tanto que un 50% correspondió a la efectividad de los cruces realizados, y el 50% restante a la no efectividad de la labor realizada. Con este resultado se obtuvo la capacidad combinatoria de cada clon.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Longitud de ramas intermedias

Los valores de longitud de ramas intermedias determinados en centímetros, se presentan en la tabla 3. Se observó que los clones Cofenac 06, Cofenac 05, Cofenac 02 y Cofenac 01, con 148, 144, 142 y 140 cm respectivamente; fueron los que obtuvieron los mayores promedios; en cambio con los clones NP-4024 y ConErbo 01, en su orden, 115 y 110 cm fueron los que obtuvieron los menores promedios.

Los resultados obtenidos en la presente variable probablemente se deban a las condiciones intrínsecas de cada clon, permitiendo con ello que los materiales se desarrollen de mejor manera, criterios que concuerdan con lo que señala, Duicela (2012) quien en un trabajo determino que los genotipos de café robusta responden de diferente manera a los ambientes que se cultivan.

El promedio general fue de 133 cm, el error estándar ponderado es de 7.31 y el CV de 10.36%.

Al realizar el análisis de la varianza (Tabla 4.) se observó que hubo diferencias significativas en tratamientos.

Tabla 3. Valores de Longitud de ramas intermedias (cm) determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	x	Observaciones	S x
Conerbo 01	110	–	–	–	–	110	1	13.82
NP-4024	137	100	113	110	–	115	4	6.91
Cof-01	140	150	140	150	120	140	5	6.18
Con ETP-01	130	130	130	–	–	130	3	7.98
Cof-02	125	145	130	150	160	142	5	6.18
NP-2024	135	125	160	130	125	135	5	6.18
Cof-04	150	140	130	130	145	139	5	6.18
Cof-05	165	170	130	135	120	144	5	6.18
Cof-06	145	150	145	140	160	148	5	6.18
Promedio						133		
S x ponderado						7.31		
CV						10.36 %		

Tabla 4. Análisis de la varianza de Longitud de ramas intermedias (cm).

ANDEVA						
F. de V	G.L	S.C	C.M	F.cal	F. Tab. 5%	F. Tab 1%
TOTAL	37	9409.05				
Tratamiento	8	3871.05	483.88*	2.53*	2.28	3.20
Error	29	5538.00	190.97			

*: Significativo

4.2 Número de nudos productivos

En la tabla 5. Se presenta los promedios del número de nudos productivos. Se observó los promedios más altos en los clones ETP01 (30), Cofenac 06 (29,40) y ConErbo 01 (25), en tanto que el menor promedio (17,80) lo obtuvo el NP2024. El promedio general fue de 22.95. El error estándar ponderado de 1,37 y el CV de 11.29%.

Los resultados obtenidos en esta variable dan a entender que los clones presentan variabilidades de consideraciones, lo cual probablemente deben estar asociados a su constitución genética, entendiéndose que aquellos tratamientos que presentan mayor número de nudos productivos son los que más producen por unidad de superficie. Los resultados obtenidos en el presente trabajo corroboran con los resultados obtenidos por Duicela (2012), quien señala que el número de nudos presente en el cultivo de café sí inciden en su rendimiento.

Al realizar el análisis de la varianza (tabla 6.), se determinó diferencias altamente significativas en tratamientos.

4.3 Distancia entre nudos productivos

Los promedios de las distancias entre nudos productivos se presentan en la tabla 7. Se pudo observar que el rango mostrado por los nueve tratamientos evaluados fue de 1,4 cm, valor que se puede considerar que desde el punto de vista práctico no tiene importancia, pudiendo interpretarse en este resultado que los clones evaluados no muestran mayor diferencias numéricas a pesar de que la f calculada en tratamientos mostro diferencias altamente significativas. El promedio general fue de 4.72 cm, el promedio ponderado fue de 0.21 y el CV de 8.47%.

Tabla 5. Valores del Número de nudos productivos determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	x	Observaciones	S x
Conerbo 01	25	–	–	–	–	25,00	1	2.59
NP-4024	20	18	21	20		19,75	4	1.30
Cof-01	24	26	18	19	14	20,20	4	1.16
Con ETP-01	30	30	30	–	–	30,00	3	1.50
Cof-02	22	20	22	25	24	22,60	5	1.16
NP-2024	18	18	18	17	18	17,80	5	1.16
Cof-04	24	24	21	20	22	22,20	5	1.16
Cof-05	20	20	20	18	20	19,60	5	1.16
Cof-06	28	32	27	25	35	29,40	5	1.16
Promedio						22.95		
S x ponderado						1.37		
CV						11.29 %		

Tabla 6. Análisis de la varianza de Número de nudos productivos

ANDEVA						
F. de V	G.L	S.C	C.M	F.cal	F. Tab. 5%	F. Tab 1%
TOTAL	37	817.39				
Tratamiento	8	622.64	77.83**	11.59**	2.28	3.20
Error	29	194.75	6.72			

** : Altamente significativo

Tabla 7. Valores de Distancia entre nudos productivos (cm) determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	x	Observaciones	S x
Conerbo 01	4,0	–	–	–	–	4,0	1	0.40
NP-4024	4,0	6,0	4,0	4,0	–	4,5	4	0.20
Cof-01	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5	0.18
Con ETP-01	5,0	5,0	5,0	–	–	5,0	3	0.23
Cof-02	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5	0.18
NP-2024	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,8	5	0.18
Cof-04	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5	0.18
Cof-05	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5	0.18
Cof-06	5,0	6,0	5,0	5,0	5,0	5,2	5	0.18
Promedio						4.72		
S x ponderado						0.21		
CV						8.47 %		

Tabla 8. Análisis de la varianza de la Distancia entre nudos productivos (cm).

ANDEVA

F. de V	G.L	S.C	C.M	F.Cal	F. Tab. 5%	F. Tab 1%
TOTAL	37	12.316				
Tratamiento	8	7.717	0.96**	6.08**	2.20	3.20
Error	29	4.6	0.16			

** : Altamente significativo

4.4 Número de frutos por nudo

En la tabla 9. Se presenta el promedio del número de frutos por nudo, se observó que el 55.55% de los clones evaluados superaron los 30 frutos por nudo, lo observado en este importante componente del rendimiento del cafeto va a permitir que se señale que estos genotipos, especialmente el Cofenac 05, Cofenac 04 y Cofenac 02 presentan altos potenciales de rendimientos, resultados que concuerdan con Duicela (2012), quien en un trabajo de investigación realizado, presentan buenos rendimientos por unidad de superficie.

Al analizar el análisis de la varianza, según la tabla 10. Se determinó diferencias altamente significativas, el promedio general fue de 20.20, el error estándar ponderado de 2.61 y el CV de 24.45%.

4.5 Autopolinizaciones

Los resultados de las evaluaciones de las autopolinizaciones realizadas en los nueve clones elite, al día 15 del trabajo realizado; se presentan en la tabla 11, en donde se puede observar que los estigmas se encuentran viables, pero aun sin signos de fecundación notorios.

Tabla 9. Valores de Número de frutos por nudo, determinados en nueve clones superiores de café Robusta, evaluados en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	x	Observaciones	S x
Conerbo 01	17	–	–	–	–	17,00	1	4.89
NP-4024	24	11	14	12	–	15,25	4	2.44
Cof-01	30	32	36	37	27	32,40	5	2.19
Con ETP-01	31	33	27	–	–	30,33	3	2.42
Cof-02	33	41	23	43	26	33,20	5	2.19
NP-2024	25	18	22	23	24	22,40	5	2.19
Cof-04	32	32	36	33	–	33,25	4	2.44
Cof-05	30	40	36	34	42	36,40	5	2.19
Cof-06	21	19	24	26	21	22,20	5	2.19
Promedio						20.20		
S x ponderado						2.61		
CV						24.45 %		

Tabla 10. Análisis de la varianza del Número de frutos por nudo

ANDEVA

F. de V	G.L	S.C	C.M	F.Cal	F. Tab. 5%	F. Tab 1%
TOTAL	37	2476.97				
Tratamiento	8	1807.60	225.95**	9.45**	2.28	3.20
Error	29	669.36	23.91			

Tabla 11. Evaluaciones de autopolinizaciones realizadas a los 15 días en nueve clones de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, Guayas. UCSG, 2014.

CLON	NÚMERO DE PLANTAS POLINIZADAS	NÚMERO DE POLINIZACIONES	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS	PROBABILIDAD DE ÉXITO (p)	PROBABILIDAD DE FRACASO (q)	FECUNDACIONES EXITOSAS (%)
Cofenac-02	2	52	0	0,5	0,5	0
Cofenac-05	2	48	0	0,5	0,5	0
ConErbo-01	1	47	0	0,5	0,5	0
Cofenac-01	2	89	0	0,5	0,5	0
Cofenac-04	2	114	0	0,5	0,5	0
NP-4024	1	10	0	0,5	0,5	0
ConETP-01	1	31	0	0,5	0,5	0
Cofenac-06	1	39	0	0,5	0,5	0
NP-2024	2	21	0	0,5	0,5	0

Los resultados de las autopolinizaciones realizadas en los nueve clones élite de café, se presentan en la tabla 12. En donde se puede observar que el rango de número de polinizaciones realizadas fue de 114 - 110, en tanto que el rango determinado en las fecundaciones exitosas fue de 114 – 6, valores que al expresarse en porcentajes, el estadístico varió de 98% - 15%. Los resultados obtenidos probablemente se deban al diferente grado de compatibilidad mostrado por los diferentes clones, tomando en cuenta de que esta especie es una planta alógama en la cual denomina la libre polinización.

En el Gráfico 1. se observa la respuesta obtenida entre el número de polinizaciones realizadas y el número de fecundaciones exitosas, resultados que corroboran con lo analizado anteriormente.

En la tabla 13. Se presenta los resultados de las autopolinizaciones efectuadas y analizadas estadísticamente con la aplicación de la prueba no paramétrica de Ji². Se observó que de 14 pruebas realizadas, el 57.18% fue significativo (ConErbo 01, Cofenac 04 y Cofenac 06), es decir de rechazo de la hipótesis nula de que los valores observados son iguales a los valores esperados, siendo los valores observados mayores que los esperados en 10 autopolinizaciones por lo que se puede interpretar señalando que estos clones presentan autocompatibilidad.

Tabla 12. Resultados de fecundaciones evaluadas a los 30 días en nueve clones superiores de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

CLON	NÚMERO DE PLANTAS POLINIZADAS	NÚMERO DE POLINIZACIONES	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS	PROBABILIDAD DE ÉXITO (p)	PROBABILIDAD DE FRACASO (q)	FECUNDACIONES EXITOSAS (%)
Cofenac-02	2	52	8	0,5	0,5	15
Cofenac-05	2	48	35	0,5	0,5	73
ConErbo-01	1	47	47	0,5	0,5	100
Cofenac-01	2	89	87	0,5	0,5	98
Cofenac-04	2	114	114	0,5	0,5	100
NP-4024	1	10	6	0,5	0,5	60
ConETP-01	1	31	22	0,5	0,5	71
Cofenac-06	1	39	32	0,5	0,5	82
NP-2024	2	21	14	0,5	0,5	67

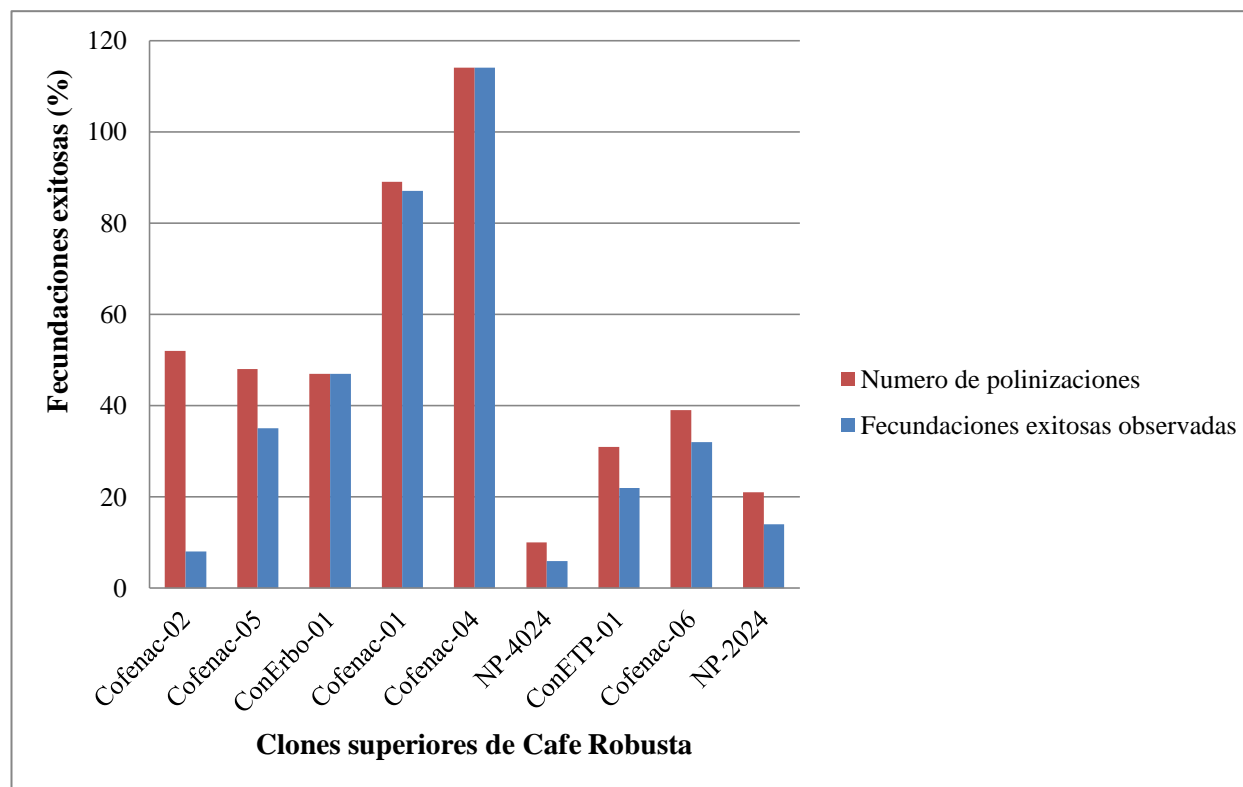


Gráfico 1. Relación entre el número de polinizaciones realizadas versus las fecundaciones exitosas. UCSG, 2014.

Tabla 13. Valores de Ji² determinados en los resultados de las autopolinizaciones evaluados a los 30 días, en nueve clones superiores de café robusta en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

CLON	NÚMERO DE PLANTA EN CAMPO	NÚMERO DE POLINIZACIONES (N)	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS (X)	PROBABILIDAD DE ÉXITO (P)	PROBABILIDAD DE FRACASO (Q)	FECUNDACIONES ESPERADAS (NP)	Chi ² calculada (Con corrección de Yates)	Chi cuadrada teórica X ² _{0,05}	Decisión estadística
Cofenac-02	18	16	3	0,5	0,5	8	3,78	3,841	O=E
	6	36	5	0,5	0,5	18	10,13	3,841	O≠E
Cofenac-05	10	37	33	0,5	0,5	19	10,59	3,841	O≠E
	2	11	2	0,5	0,5	6	2,91	3,841	O=E
ConErbo-01	17	47	47	0,5	0,5	24	22,51	3,841	O≠E
Cofenac-01	7	46	46	0,5	0,5	23	22,01	3,841	O≠E
	2	43	41	0,5	0,5	22	16,79	3,841	O≠E
Cofenac-04	16	78	78	0,5	0,5	39	38,01	3,841	O≠E
	5	36	36	0,5	0,5	18	17,01	3,841	O≠E
NP-4024	18	10	6	0,5	0,5	5	0,05	3,841	O=E
ConETP-01	11	31	22	0,5	0,5	16	2,32	3,841	O=E
Cofenac-06	17	39	32	0,5	0,5	20	7,38	3,841	O≠E
NP-2024	7	17	13	0,5	0,5	9	1,88	3,841	O=E
	13	4	1	0,5	0,5	2	1,13	3,841	O=E
Total		451	365			225,5	85,68	3,841	O≠E

Corrección de Yates: cuando grados de libertad=1

4.6 Cruzamientos

Los resultados de los cruzamientos dirigidos y que fueron evaluados a los 10 y 20 días de haberse efectuado estas actividades, se presentan en la Tabla 14. En las fecundaciones exitosas evaluadas en porcentajes a los 10 días, se observó que de los 36 cruzamientos realizados el 80.55% de ellas dio una efectividad de más del 75% de efectividad. En cambio, luego de las evaluaciones realizadas a los 20 días, se determinó que el 47.22% del total del material evaluado presentó porcentajes de efectividad de cruzamientos de al menos 75%.

Las variaciones determinadas en las dos épocas y considerando su reducción a los 20 días, es probable a que se deba al deterioro de los estigmas debido al manipuleo, o a la posible presencia de esta protandria (estambres maduran antes que pistilos) o protoginia (pistilos maduran antes que los estambres) que es natural en plantas alógamas, resultados que concuerdan con lo que afirma Poehlman (2003).

En la tabla 15. Se presentan los valores de J_i^2 determinados como valores observados a los 20 días y las fecundaciones esperadas. Se observó que de las 26 cruces realizadas, el 83.33% fueron diferente estadísticamente, es decir que se rechazó la hipótesis nula y en su lugar, se aceptó la hipótesis alternativa; indicando que los valores observados son diferentes a los valores esperados.

Los resultados obtenidos se pueden interpretar indicando que los nueve clones que intervienen en la presente investigación, presentan alta aptitud combinatoria, especialmente en aquellos cruces que se rechazó la hipótesis nula.

Taba 14. Resultados de fecundaciones evaluadas a los 10 y 20 días en nueve clones superiores de café robusta, en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

CRUCE	NÚMERO DE POLINIZACIONES (N)	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS A LOS 10 DIAS (X)	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS A LOS 20 DIAS (X)	FECUNDACIONES EXITOSAS A LOS 10 DIAS (%)	FECUNDACIONES EXITOSAS A LOS 20 DIAS (%)
NP-4024 x ConErbo 01	30	25	20	83	67
Cofenac 01 x ConErbo 01	56	40	38	71	68
Cofenac 01 x NP 4024	38	33	29	87	76
ConETP-01 x ConErbo 01	40	32	29	80	73
ConEtp-01 x NP 4024	52	34	30	65	58
ConEtp-01 x Cofenac 01	25	19	15	76	60
Cofenac 02 x ConErbo-01	57	47	45	82	79
Cofenac 02 x NP 4024	51	48	46	94	90
Cofenac 02 x Cofenac 01	66	45	40	68	61
Cofenac 02 x ConEtp 01	58	46	39	79	67
NP 2024 x ConErbo01	29	14	14	48	48
NP 2024 x NP 4024	15	10	9	67	60
NP 2024 x Cofenac 01	37	29	26	78	70
NP 2024 x ConETP 01	45	42	41	93	91
NP 2024 x Cofenac 02	50	48	43	96	86

cof-04 x erbo01	60	54	45	90	75
cof-04 x np-4024	40	35	35	88	88
cof04 x cof01	31	24	20	77	65
cof04 x conETP01	42	35	34	83	81
cof04 x cof02	36	30	24	83	67
cof04 x np2024	32	25	25	78	78
cof-05 x erbo01	43	38	34	88	79
cof-05 x np-4024	39	26	22	67	56
cof05 x cof01	48	45	42	94	88
cof05 x conETP01	32	27	21	84	66
cof05 x cof02	55	48	39	87	71
cof05 x np2024	44	40	40	91	91
cof05 x cof04	36	28	27	78	75
cof06 x erbo01	46	35	33	76	72
cof06 x np-4024	50	48	40	96	80
cof06 x cof01	42	40	40	95	95
cof06 x conETP01	49	37	33	76	67
cof06 x cof02	54	47	45	87	83
cof06 x np2024	53	50	47	94	89
cof06 x cof04	37	30	26	81	70
cof06 x cof05	45	31	29	69	64

Tabla 15. Valores de J_i^2 determinados en los resultados de los cruzamientos evaluados a los 10 y 20 días, en nueve clones superiores de café robusta en la Hacienda Denise, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. UCSG, 2014.

CRUCE	NÚMERO DE POLINIZACIONES (N)	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS A LOS 10 DIAS (X)	FECUNDACIONES EXITOSAS OBSERVADAS A LOS 20 DIAS (X)	PROBABILIDAD DE ÉXITO (P)	PROBABILIDAD DE FRACASO (Q)	FECUNDACIONES ESPERADAS (NP)	Chi ² teórica $X^2_{0,05}$	Chi ² calculada (Con corrección de Yates)	Decisión estadística
NP-4024 x ConErbo 01	30	25	20	0,5	0,5	15	3,841	6,02	O≠E
Cofenac 01 x ConErbo 01	56	40	38	0,5	0,5	28	3,841	4,72	O≠E
Cofenac 01 x NP 4024	38	33	29	0,5	0,5	19	3,841	9,59	O≠E
ConETP-01 x ConErbo 01	40	32	29	0,5	0,5	20	3,841	6,61	O≠E
ConEtp-01 x NP 4024	52	34	30	0,5	0,5	26	3,841	2,16	O=E
ConEtp-01 x Cofenac 01	25	19	35	0,5	0,5	13	3,841	2,88	O=E
Cofenac 02 x ConErbo-01	57	47	45	0,5	0,5	29	3,841	11,37	O≠E
Cofenac 02 x NP 4024	51	48	46	0,5	0,5	26	3,841	18,98	O≠E
Cofenac 02 x Cofenac 01	66	45	40	0,5	0,5	33	3,841	4,01	O≠E
Cofenac 02 x ConEtp 01	58	46	39	0,5	0,5	29	3,841	9,39	O≠E
NP 2024 x ConErbo01	29	14	14	0,5	0,5	15	3,841	0,07	O=E
NP 2024 x NP 4024	15	10	9	0,5	0,5	8	3,841	0,53	O≠E
NP 2024 x Cofenac 01	37	29	26	0,5	0,5	19	3,841	5,41	O≠E
NP 2024 x ConETP 01	45	42	41	0,5	0,5	23	3,841	16,04	O≠E

NP 2024 x Cofenac 02	50	48	43	0,5	0,5	25	3,841	20,25	O≠E
cof-04 x erbo01	60	54	45	0,5	0,5	30	3,841	18,41	O≠E
cof-04 x np-4024	40	35	35	0,5	0,5	20	3,841	10,51	O≠E
cof04 x cof01	31	24	20	0,5	0,5	16	3,841	4,13	O≠E
cof04 x conETP01	42	35	34	0,5	0,5	21	3,841	8,68	O≠E
cof04 x cof02	36	30	24	0,5	0,5	18	3,841	7,35	O≠E
cof04 x np2024	32	25	25	0,5	0,5	16	3,841	4,52	O≠E
cof-05 x erbo01	43	38	34	0,5	0,5	22	3,841	11,91	O≠E
cof-05 x np-4024	39	26	22	0,5	0,5	20	3,841	1,85	O=E
cof05 x cof01	48	45	42	0,5	0,5	24	3,841	17,51	O≠E
cof05 x conETP01	32	27	21	0,5	0,5	16	3,841	6,89	O≠E
cof05 x cof02	55	48	39	0,5	0,5	28	3,841	14,55	O≠E
cof05 x np2024	44	40	40	0,5	0,5	22	3,841	13,92	O≠E
cof05 x cof04	36	28	27	0,5	0,5	18	3,841	5,01	O≠E
cof06 x erbo01	46	35	33	0,5	0,5	23	3,841	5,75	O≠E
cof06 x np-4024	50	48	40	0,5	0,5	25	3,841	20,25	O≠E
cof06 x cof01	42	40	40	0,5	0,5	21	3,841	16,30	O≠E
cof06 x conETP01	49	37	33	0,5	0,5	25	3,841	5,88	O≠E
cof06 x cof02	54	47	45	0,5	0,5	27	3,841	14,08	O≠E
cof06 x np2024	53	50	47	0,5	0,5	27	3,841	19,96	O≠E
cof06 x cof04	37	30	26	0,5	0,5	19	3,841	6,54	O≠E
cof06 x cof05	45	31	29	0,5	0,5	23	3,841	2,84	O=E
TOTAL		1285	1165			299,5	3,841	3239,48	O≠E

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, donde han intervenido los nueve clones superiores, se llega a las siguientes conclusiones:

- En autopolinizaciones sobresalen los clones Cofenac 04, Cofenac 01, Cofenac 06 y Conerbo 01, por presentar las mejores respuestas. Situación que se reconfirma con la prueba de Ji^2 realizada.
- En lo que se refiere a cruzamientos dirigidos que es evaluado a los 20 días de haber realizado el cruce, se encuentra que el 42.12% del total de los cruzamientos realizados muestra habilidad combinatoria.
- En longitud de ramas intermedias los resultados obtenidos señalan que su respuesta es varietal, es decir el tamaño de estas varía de acuerdo a su fenotipo.
- En el número de nudos productivos se puede indicar que estos promedios son independientes de la longitud de ramas intermedias.
- En la distancia entre nudos se observa un comportamiento bastante similar entre los tratamientos evaluados.
- En el número de frutos por nudos la respuesta obtenida depende del comportamiento de cada clon.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, donde han intervenido los nueve clones superiores, se definen las siguientes recomendaciones:

- Repetir la investigación con más tiempo de evaluación con el fin de corroborar los resultados obtenidos.
- Encapsular las ramas cuando las flores estén en estado de latencia para que se desarrollen adecuadamente al estar en exposición solar.

- Utilizar telas cuyo tejido sea transparente para tener apreciación visual sin necesidad de abrir las mangas.
- Con las flores fecundadas de los mejores clones, monitorear sus frutos hasta cuando lleguen a maduración y cosechar los mismos.
- Realizar jardines clonales con los frutos cosechados de las polinizaciones realizadas.
- Continuar con el mejoramiento genético de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M., & Rojas, G. (1994). El cultivo y Beneficiado del Café, San José Costa Rica. 184.
- Anecafé. (2002). Café en Ecuador: Manejo de la Broca del Fruto (*Hypothenemus hampei*). 77.
- Ángel, Á. M., Sergio, R., Mario, V., Fernando, B., Alejandro, L. d., & Alfonso, L. (2009). *Aptitud combinatoria y efectos reciprocos en lineas endogamicas de maiz de valles altos del centro de Mexico*. (Vol. 35). Mexico.
- Berthouly, M. (1997). Biotecnología y Técnicas de Reproduccion de Materiales Promisorios en *Coffea arabica*. *Simposio Latinoamericano de Caficultura*, (págs. 25-49). Heredia, Costa Rica.
- C. Anderegg, K. A. (2006). *A Critical Look At Animal Experimentation*.
- Carvajal, J. (1972). Cafeto: Cultivo y Fertilizacion. 141.
- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, E. (2012). *Mejoramiento genetico y desarrollo de tecnologias para la produccion de cafe Robusta, en el Tropico Seco del Litoral ecuatoriano*. Portoviejo.
- Cofenac. (2012). *Diagnostico del Sector Cafetalero Eciatoriano*. Portoviejo.
- Coowan, J. R. (1943). *The double cross hybrids involving inbreeds of similar and diverse genetic origin*. Ottawa, USA.
- Davis, A., Govaerts, R., Bridson, D., & Stoffelen, P. (2006). Taxonomic conspectus of the genus *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152; 465-512.
- Duicela, L., Garcia, J., Corral, R., Farfan, D. y., & F. (2004). *Calidad fisica y organoleptica de los cafes robustas ecuatorianos*, . Informe anual de la division tecnica, COFENAC., Portoviejo.
- Etienne, H. (2006). Somatic embryogenesis protocol: *Coffea* (*Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* P.).

- Evans, D., Sharp, W., & Flick, C. (1993). Growth and behavior of cell cultures: Embriogenesis and organogenesis. En W. Roca, & L. Mroginski, *Cultivo de Tejidos en la Agricultura, Fundamentos y Aplicaciones* (pág. 969).
- Garcia, E., & Rafael, M. (1989). Propagación clonal de café (*Coffea arabica* L. catimor) a partir d microesquejes cultivados in-vitro.
- Gomez, P., Iracheta, L., Castellanos, M., Mendez, I., Sandoval, A., Aguirre, J., . . . Gutierrez, A. (2010). Influencia del Explante y Medio de Cultivo en la Embriogénesis Somática en Hojas de Café. *Fitotecnia Mexicana*, vol 33 , 205-213.
- Hayman, B. I. (1954). The theory and analysis of diallel crosses.
- Hull, E. (1945). Analisis genetico de hibridos de maiz y sus lineas parentales. 21-27.
- Jinks, J. (1954). The analysis of continuous variation in a diallel cross of varieties. En *Genetics*.
- Jinks, J. (1956). The F2 and backcross generation from a set of diallel crosses. En *Heredity* (págs. 1-30).
- Johnson, I. J. (1940). The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree method of breeding.
- MAGAP. (2008). Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca . *Buenas practicas agrícolas*, 5-7.
- Mejia, L. (s.f.). Reconocimiento Genral en base a su capacidad y fertilidad y mapa general de clasificacion por capacidad de fertilidad. En *Suelos del Ecuador* (pág. 57). Quito, Ecuador.
- Méndez, A., & Rios, B. (2008). Estabilidad en los patrones de proteinas de plántulas de café regeneradas por Embriogénesis somática . *Revista Internacional de Botanica Experimental* 49-64 : 77, 49.
- Mendez, I. (2011). Programa Estrategico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Region Sur-Sureste de Mexico: Tropico Humedo. *Paquete Tecnológico Cafe Robusta (Coffea canephora p) Establecimiento y mantenimiento*, 8.
- Poehlman, A. (2003). *Mejoramiento Genetico de las cosechas*. Mexico.

- Poncet, V., Hamon, P., Minier, J., Carrasco, C., Hamon, S., & Noirot, M. (2004). Cross-amplification and variation within coffee trees (*Coffea* spp.).
- Ramirez, R. (2006). *Mejora de plantas Alogamas*. Universidad publica de Navarra. Epana.
- Regalado, O. (2006). *¿Qué es la calidad del café?* Chapingo, México.
- Rojas, O. (1987). *Zonificación agroecológica para el cultivo del café Coffea arabica*. San José Costa Rica.
- Sondahl, M., & Sharp, W. (1977). High frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explants of *Coffea arabica* L. 395-408.
- Sprague, G. F. (1942). *General vs especific combining ability in single crosses of corn*.
- Tomala, J. y. (2012). *Caracterizacion fenotipica de 23 clones de cafe robusta Coffea Canephora p en la parroquia de Manglaralto, canton Santa Elena*. UPSE, Ecuador.
- Valencia, G. (2005). *Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto*. Recuperado el 25 de Marzo de 2014, de [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/abde7353d28f849705256fff006c0726/\\$FILE/Fisiolog%C3%ADa,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20del%20cafeto.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/abde7353d28f849705256fff006c0726/$FILE/Fisiolog%C3%ADa,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20del%20cafeto.pdf)
- Vega, U. y. (1975). *Estudio de la capacidad combinatoria en lineas de maiz (zea mays L.) a traves de cruzamientos dialelicos*. Boletin científico. Maracay, Venezuela: Instituto de Investigaciones Agronomicas .
- Vera, P. (2012). *Estudio de la Densidad Poblacional y Fertilizacion en cuatro clones de cafe robusta (coffea canephora), en Isidro Ayora, provincia del Guayas*. Santa Ana, Ecuador: Tesis de grado Universidad Tecnica del Sur de Manabi.

ANEXOS

- **Cronograma de actividades**

N°	Actividades	Mayo	Junio	Julio	Agosto
1	Consulta de material bibliográfico	x	x		
2	Análisis de los días de los diferentes estados de floración.	x	x		
3	Selección en campo de las plantas a utilizar	x	x		
4	Preparación de materiales a emplear para las polinizaciones		x		
5	Auto cruzamientos			x	
6	Cruzamientos entre las plantas a utilizar			x	
7	Evaluación de plantas polinizadas			x	x
8	Elaboración de Informe Técnico -Tesis	x	x	x	x

- Presupuesto

PRESUPUESTO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL				
ACTIVIDADES (Mayo - Agosto 2014)	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
MATERIALES				167
Mangas	manga	70	1,25	87,5
Alambre	m2	30	1	30
Cajas Petri	caja	40	0,5	20
Piola	rollo	1	2	2
Estacas	estaca	50	0,25	12,5
Pinceles	pincel	3	2,5	7,5
Flexómetro	Flexóme- tro	1	3	3
Lápiz	lápiz	2	1	2
Alcohol	litro	1	2,5	2,5
DESARROLLO DE POLINIZACIONES				220
Jornales	jornal	10	22	220
MANEJO DEL ENSAYO (55 plantas)				171,68
Fertilización (jornal + producto)	aplicación	2	25	50
Riego	m3	264	0,12	31,68
Fungicida (jornal + producto)	aplicación	1	16	16
Insecticida (jornal + producto)	aplicación	1	30	30
Control de malezas	jornal	2	22	44
VARIOS	varios	1	200	200
TOTAL				758,68

- **FOTOS**

Foto 1. Preparación de ramas a encapsular



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 2. Encapsulamiento



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 3. Rama con botones florales y flores abiertas para autopolinizaciones



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 4. Emasculación de botones florales



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 5. Estigmas para ser polinizados



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 6. Cosecha de flores para polinizaciones



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 7. Polinizaciones



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 8. Evaluación día 15, se observan posibles fecundaciones



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 9. Evaluación día 30 de autopolinizaciones



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 10. Cruzamientos



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 11. Resultado cruzamiento día 20



Autora: Carolina Bustamante Adum

Foto 12. Variables productivas



Autora: Carolina Bustamante Adum