

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Y  
DEL RENDIMIENTO DE 22 VARIEDADES Y LÍNEAS DE CAFÉ *Coffea arabica* EN  
BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

**JOSE ALBERTO SMITH ELLINGTON**

**4-809-196**

**DAVID, CHIRIQUÍ**  
**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2026**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Y DEL  
RENDIMIENTO DE 22 VARIEDADES Y LÍNEAS DE CAFÉ *Coffea arabica* EN  
BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ Y EL INSTITUTO DE  
INNOVACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ**

**APROBADO:**

**MSC. JOSE A. LEZCANO B.**

---

**MSC. JAVIER CARNEIRO**

---

**MSC. LESDIA COUSEIRO**

---

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2026**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a los tres asesores de mi tesis, especialmente al director principal Ing. M.Sc. José A. Lezcano, quien ha llevado el mayor peso de esta dirección y de quien he aprendido mucho; gracias por motivarme a realizar esta tesis y por sus correcciones, observaciones y consejos.

Un agradecimiento muy especial al señor Campos Serrano y su esposa, por el apoyo, y sobre todo en labores de campo.

Mi agradecimiento a mis compañeros de Universidad también, sea por colaboración científica, ayudas en campo u otra faceta relacionada con mi tesis, a los estudiantes practicantes de sexto año del IPT Joaquina Torrijos y del IPT Chiriquí Grande.

Agradecer al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá por permitir desarrollar este trabajo dentro de sus instalaciones, subcentro Boquete.

## DEDICATORIA

A Dios, por brindarme, fortaleza necesaria para llegar hasta este momento tan especial en mi vida.

A mis padres Lourdes Ellington y Roland Smith, A mi abuela Domitila Montezuma Gonzales, mis tíos cuyo amor, apoyo incondicional, comprensión, sacrificio fueron vitales durante este trabajo y mi vida universitaria. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino, y creer en mí, incluso cuando las fuerzas flaqueaban y por ser mi mayor motivación para seguir adelante.

A la memoria de mi abuelo José Ellington Druribo quien fue un pilar y un guía, y que siempre quiso lo mejor para mí. Aunque la vida no le permitió ver este logro, sé que estaría orgulloso de este momento.

Gracias por apoyarme y motivarme.

## EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) Y DEL RENDIMIENTO DE 22 VARIEDADES Y LÍNEAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ. 2025

Jose A. Smith E. 2026. Evaluación de la resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) y del rendimiento de 22 variedades y líneas de café (*Coffea arabica*) en Boquete, provincia de Chiriquí. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Cultivos Tropicales Chiriquí. Panamá. UP. FCA.

### Resumen

El cultivo de café en Panamá, especialmente en las tierras altas, es reconocido por producir cafés de alta calidad en el mercado de especialidad. Su sostenibilidad se ve amenazada por la Roya del café *Hemileia vastatrix*, ante la cual las variedades predominantes (Caturra y Catuai) son altamente susceptibles, lo que exige el uso intensivo de fungicidas con los consecuentes aumentos en costos e impacto ambiental.

Se evaluaron 22 genotipos de café incluidos dos testigos locales, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, a 1,110 m.s.n.m. en Jaramillo, Boquete, Chiriquí. Se midieron la incidencia y severidad de roya *Hemileia vastatrix*, así como el rendimiento de café cereza, pergamino y oro.

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre genotipos ( $p < 0.01$ ). Seis genotipos: Milenio, MP-547, T-16778 A, EC-16, MM-125 y Paraíso, presentaron una alta resistencia (0 % de incidencia y severidad). El híbrido Milenio sobresalió por combinar el mayor rendimiento en cereza ( $10.258 \text{ t ha}^{-1}$ ) con resistencia total al patógeno, mientras que los testigos locales registraron los valores más bajos en productividad y la mayor susceptibilidad. La adopción de estos genotipos mejorados representa una estrategia viable para reducir el uso de fungicidas e incrementar la sostenibilidad y competitividad del café panameño.

**Palabras Claves:** susceptibilidad, rendimiento, selección, genotipos, severidad, incidencia.

EVALUATION OF RUST RESISTANCE (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) AND YIELD OF 22 COFFEE VARIETIES AND LINES (*Coffea arabica*) IN BOQUETE, PROVINCE OF CHIRIQUÍ. 2025

Jose A. Smith E. 2026. Evaluation of rust resistance (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) and yield of 22 coffee varieties and lines (*Coffea arabica*) in Boquete, province of Chiriquí. Thesis for Agricultural Engineer in Tropical Crops. Chiriquí, Panama. UP. FCA.

**ABSTRACT**

Coffee cultivation in Panama, especially in the highlands, is renowned for producing high-quality coffees in the specialty market. Its sustainability is threatened by coffee rust (*Hemileia vastatrix*), to which the predominant varieties (Caturra and Catuaí) are highly susceptible, requiring intensive use of fungicides with consequent increases in costs and environmental impact.

Twenty-two coffee genotypes, including two local controls, were evaluated under Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replicates at 1,110 meters above sea level in Jaramillo, Boquete, Chiriquí. The incidence and severity of rust (*Hemileia vastatrix*) were measured, as well as the yield of cherry, parchment, and gold coffee.

The results showed highly significant differences between genotypes ( $p < 0.01$ ). Six genotypes: Milenio, MP-547, T-16778 A, EC-16, MM-125, and Paraíso showed high resistance (0% incidence and severity). The Milenio hybrid stood out for combining the highest cherry yield ( $10,258 \text{ t ha}^{-1}$ ) with total resistance to the pathogen, while the local controls recorded the lowest productivity values and the highest susceptibility. The adoption of these improved genotypes represents a viable strategy for reducing fungicide use and increasing the sustainability and competitiveness of Panamanian coffee.

**Keywords: susceptibility, yield, selection, genotypes, severity, incidence.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| <b>I</b>  | <b>Introducción</b> .....  | 1  |
|           | 1.1 Planteamiento de problema.....   | 2  |
|           | 1.2 Antecedentes.....  | 2  |
|           | 1.3 Justificación.....   | 3  |
|           | 1.4 Objetivos .....  | 3  |
|           | 1.4.1 Objetivo general.....  | 3  |
|           | 1.4.2 Objetivo específicos.....  | 4  |
|           | 1.5 Hipótesis.....   | 4  |
|           | 1.6 Alcances y limitaciones del estudio .....  | 5  |
| <b>II</b> | <b>Revisión De Literatura</b> .....  | 6  |
|           | 2.1 Situación De La Producción De Café En Nuestro País.....  | 6  |
|           | 2.2 Origen Y Distribución Del Café.....  | 7  |
|           | 2.2.1 Características Generales Del Café.....  | 8  |
|           | 2.2.2 Características Del Fruto De Café.....   | 9  |
|           | 2.2.3 Características Del Grano Del Café.....  | 10 |
|           | 2.2.4 Clasificación Taxonómica Del Café.....   | 11 |
|           | 2.3 Caracterización De Germoplasma.....  | 11 |
|           | 2.4 Bases Genéticas De Las Principales Especies Cultivadas.....  | 13 |
|           | 2.5 Desarrollo De Nuevas Variedades Como Parte De Estrategias De Introgresión Genética E Hibridación En El Mejoramiento Del Café Arábica.. | 15 |
|           | 2.6 Plagas Y Enfermedades Comunes Del Café.....  | 17 |
|           | 2.6.1 Roya Del Café.....   | 17 |
|           | 2.6.2 Taxonomía De La Roya Del Café.....   | 18 |
|           | 2.6.3 Características y Síntomas.....  | 18 |
|           | 2.6.4 El Ciclo De La Roya.....   | 19 |
|           | 2.6.5 Epidemiología.....   | 19 |
|           | 2.6.6 Evaluación Cuantitativa De La Epidemia.....  | 21 |
|           | 2.6.6.1 Incidencia.....  | 21 |
|           | 2.6.6.2 Severidad.....   | 22 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.7 Manejo Integrado De La Roya.....                                | 22        |
| <b>III Marco Metodológico.....</b>                                  | <b>25</b> |
| 3.1 Ubicación del Ensayo.....                                       | 26        |
| 3.2 Descripción del Estudio.....                                    | 27        |
| 3.3 Materiales y Equipos.....                                       | 29        |
| 3.4 Evaluaciones de Roya del café.....                              | 30        |
| 3.4.1 Porcentaje de Incidencia.....                                 | 30        |
| 3.4.2 Porcentaje de Severidad.....                                  | 32        |
| 3.5 Evaluación De Cosecha.....                                      | 33        |
| 3.6 Análisis de datos .....   | 35        |
| <b>IV Resultado y Discusión .....</b>                               | <b>36</b> |
| 4.1 Análisis De Varianza .....                                      | 36        |
| 4.2 Análisis de Rendimiento .....                                   | 38        |
| 4.5.1 Identificación de Genotipos con alta resistencia a roya ..... | 40        |
| 4.5.2 Genotipos Que Presentaron Resistencia Intermedia .....        | 41        |
| 4.5.3 Genotipos Con Alta Susceptibilidad .....                      | 42        |
| <b>V Conclusiones .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>VI Recomendaciones .....</b>                                     | <b>44</b> |
| <b>VII Referencias Bibliográficas .....</b>                         | <b>45</b> |
| <b>VIII Anexos .....</b>  | <b>51</b> |

## ÍNDICE DE CUADRO

|   |    |
|---|----|
| 1. Fungicidas sistémicos y de contacto usados para el control de la Roya del café.....  | 24 |
| 2. Clasificación de variedades y líneas según grupos de evaluación, con identificación del grupo y nombre, correspondiente al ensayo experimental establecido en la finca El Recuerdo, distrito de Boquete, año 2024..... | 29 |
| 3. Cuadrados medios de la incidencia, severidad, peso de cereza, pergamino y verde del ensayo de las 22 líneas y variedades de café a 1100 m.s.n.m. Jaramillo, Boquete, Chiriquí, 2024 – 2025.....                        | 36 |
| 4. Peso promedio de café cereza, pergamino y verde; incidencia y severidad de las 22 líneas y variedades de café a 1100 m.s.n.m. Jaramillo, Boquete, Chiriquí.....  | 37 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Proceso de infección del hongo <i>H. vastatrix</i> desde la diseminación hasta la aparición de los síntomas.....   | 20 |
| 2.  | Ubicación geográfica del área de estudio en la finca El Recuerdo, distrito de Boquete.....   | 26 |
| 3.  | Vista General del área del ensayo .....  | 27 |
| 4.  | Distribución vertical del árbol de café dividida en tres estratos (alto, medio y bajo) para la evaluación de incidencia.....   | 30 |
| 5.  | Área de muestreo utilizada en la evaluación de la incidencia de la Roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) .....   | 31 |
| 6.  | Registro fotográfico obtenido durante la evaluación de incidencia de roya..  | 31 |
| 7.  | Escala diagramática utilizada para la evaluación de severidad con el porcentaje de infección del hongo en las hojas de café. Fuente: SENASICA (2013).....  | 32 |
| 8.  | Fotografías obtenidas durante la evaluación de severidad de roya empleando la escala diagramática para la estimación visual del porcentaje de área foliar afectada en diferentes niveles de infección..... | 33 |
| 9.  | Evidencia del proceso de cosecha selectiva de frutos maduros con identificación por bloque y tratamiento para su posterior análisis.....   | 34 |
| 10. | Etapas del procesamiento postcosecha del café aplicadas a las 22 muestras recolectadas en campo.....   | 35 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| 1. Formulario de evaluación.....   | 51 |
| 2. Formato de toma de datos de cosechas.....   | 52 |
| 3. Formato de toma de datos de café pergamino.....   | 53 |
| 4. Fermentación de café despulpado en recipientes plásticos, posterior al registro del peso de café cereza.....  | 54 |
| 5. Matriz de datos empleada en SAS Studio para el análisis de la incidencia y severidad de roya y las variables de rendimiento (peso de cereza, café pergamino y café oro) ..... | 54 |

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café en Panamá se inicia en el siglo XVIII, con el ingreso por Portobelo desde el Caribe y, posteriormente, por la región del Pacífico. Los registros históricos señalan que los primeros cafetales se establecieron en 1780, expandiéndose hacia Coclé, Colón y Capira, hasta llegar a tierras altas de Chiriquí en 1850. Esta provincia está conformada por suelos volcánicos ricos en minerales y microclimas distintivos, debido a las altitudes que presenta. Dicha región se ha posicionado como el epicentro de cafés de alta calidad, destacando la variedad Geisha, reconocida globalmente en el mercado de especialidad (FAO, 2023; Cluster Panamá Group, S.A., 2024).

Sin embargo, el cultivo de café panameño enfrenta desafíos críticos como la Roya del café (*Hemileia vastatrix*), enfermedad que, desde su primer reporte en Panamá en 1987 (Miranda et al., 1990), ha causado pérdidas económicas significativas en Chiriquí y Centroamérica. Las variedades, como Geisha, Caturra y Bourbon, son altamente susceptibles a este patógeno, lo que obliga a los productores a incrementar el uso de agroquímicos, duplicando sus costos de producción. La expansión de la Roya en Centroamérica, documentada tras su llegada a Sudamérica en 1970 (Rayner et al., 1972), motivó iniciativas regionales como la del Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura (PROMECAFE), creado en 1978 y orientado a mitigar su impacto mediante investigación colaborativa (Fernández, 1988).

## **1.1 Planteamiento De Problema**

En tierras altas de Chiriquí se producen variedades de café de muy buena calidad, pero que son altamente susceptibles a la Roya del café (*Hemileia vastatrix*). Los productores han tenido pérdidas millonarias con respecto a esta enfermedad, y los costos de producción se duplican cada vez más, debido a la implementación de los controles fitosanitarios.

## **1.2 Antecedentes**

La Roya fue reportada formalmente por primera vez a principios de 1869 en una plantación de la isla asiática de Ceilán, hoy Sri Lanka. El micólogo Berkeley describió y nombró el hongo responsable de esta enfermedad (Avelino *et al.*, 2013).

La Roya del café en Centroamérica fue reportada entre 1976-1985 (Galindo *et al.*, 1987). Los países de Centroamérica debido a la presencia de la Roya optaron por la creación del proyecto de PROMECAFE en 1978 (Avelino *et al.*, 2013). Estaba buscando la integración de los países del área en entorno a la búsqueda de soluciones a problemas específicos y comunes en la caficultura (Fernández, 1988).

La Roya del café detecto por primera vez en 1987 en Panamá en plantaciones de Cerro Azul, al este del Canal de Panamá, posterior a eso se detectaron nuevos focos en las zonas cafetaleras del oeste de Canal y para diciembre del mismo año se identificó su presencia en el área de Boquete, provincia de Chiriquí.(Miranda *et al.*, 1990). Sin embargo hasta en el periodo de 2012-2013 tuvo el mayor impacto en Centroamérica y el país.

### **1.3 Justificación**

Chiriquí es uno de los mayores productores de café y con más hectáreas en este rubro, la cual ha tenido un gran impacto a nivel mundial por su calidad. Sin embargo, la situación fitosanitaria está causando bajas en su producción y su calidad, en los últimos años, enfermedades como la Roya del café han generado pérdidas significativas en la producción y por ende una mayor dependencia del uso de agroquímicos, generando así un mayor costo de producción. Este ensayo busca ampliar la información con respecto a variedades y líneas de café procedentes de Centroamérica que se adapten y sean resistentes a la Roya con rendimientos óptimos y de calidad. La identificación de estas variedades y líneas permitirán generar conocimiento sobre mejoramiento genético y abordar problemas fitosanitarios en este cultivo. La introducción de variedades resistentes permitiría al productor reducir la dependencia de los agroquímicos y mejoraría la calidad de la producción, esto ayudaría a fortalecer el prestigio del café de la región en los mercados internacionales, ya que el café de alta calidad y producido de manera sostenible es mejor visto, cumpliendo con los estándares ambientales y sociales.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar la tolerancia o resistencia y el rendimiento de 22 genotipos de café, con el fin de identificar genotipos con alto rendimiento y mejor adaptabilidad.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar variedades y líneas que muestren resistencia a roya.
- Identificar genotipos de café con rendimiento superior al de los testigos locales.

### **1.5 Hipótesis**

Hipótesis alternativa: Por lo menos una de las variedades y líneas evaluadas presentaron diferencias en resistencia a roya y en rendimiento respecto a los testigos locales.

$$(\mu_1 \neq \mu_n)$$

Hipótesis nula: Las variedades y líneas de café evaluadas no presentaron diferencias en resistencia a roya ni en rendimiento respecto a los testigos locales.

$$(\mu_1 = \mu_n)$$

## **1.6 Alcances del trabajo y Limitaciones**

El alcance fue conocer los genotipos que pueden tener un alto impacto frente la afectación de la Roya del café y comparar los rendimientos con los testigos locales, contribuyendo a la sostenibilidad del sector cafetalero de la provincia de Chiriquí.

La cantidad de evaluaciones realizadas en los meses propuestos podría no ser suficiente para obtener un conjunto de datos completo, limitando la precisión de las conclusiones del estudio. Además, la observación estará circunscrita a un periodo y área específicos, lo que podría restringir la generalización de los resultados.

Entre las limitaciones se encontraron variaciones en las condiciones climáticas durante el estudio, el clima en ocasiones no permitía que se pudieran realizar cosechas, al igual que el proceso de secado del café pergamino al sol.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación de la Producción de café en Panamá

La producción de café en Panamá se desarrolla en dos regiones productivas diferenciadas por la altitud. En tierras bajas predomina la especie *Coffea canephora* (Robusta), seleccionada por su adaptación a climas cálidos se caracteriza por una morfología más vigorosa y mayor contenido de cafeína, y se destina principalmente a mezclas comerciales; en tierras altas, *Coffea arabica*, apreciada por su alta productividad y calidad (Cluster Panamá Group, 2024).

El sector cafetalero tiene una importancia económica significativa, aportando 118.8 millones de balboas en bienes y servicios agropecuarios; el café es el cultivo con mayor dedicación productiva, la mayor producción se centra en la provincia de Chiriquí con 119,781 quintales, representada por el 61% de la producción nacional entre el 2015 y 2023; Chiriquí alberga cafés de especialidad bajo condiciones únicas: altitudes entre 1,200-2,100 m.s.n.m., suelos volcánicos y microclimas que favorecen una maduración lenta (MIDA, 2023). Aquí destacan variedades premium como el Geisha, reconocido por sus notas florales y cítricas que han posicionado a Panamá en el mundo, junto al Typica, Caturra, Pacamara y Bourbon. Estas variedades son cultivadas en distritos como Boquete y Tierras Altas, donde desarrollan perfiles sensoriales complejos con acidez balanceada y cuerpo distintivo (Cluster Panamá Group, 2024).

No obstante, la variabilidad climática ha influido en la producción durante la época de floración y cosecha propiciando la proliferación de enfermedades y el incremento de plagas. A estos factores se suma un obstáculo estructural: la inaccesibilidad de las

fincas debido al mal estado de los caminos, lo que dificulta el transporte de la producción; asimismo, la falta de nuevos materiales resistentes a enfermedades limita la repoblación de plantaciones adultas (Cluster Panamá Group, 2024).

## **2.2 Origen y distribución del café**

El café tiene sus raíces en África, siendo Etiopía su región de origen natural. Pertenece al género *Coffea*, a la familia de las Rubiáceas, cuyas especies se distribuyen en diferentes zonas; tales como la Americana, Asiática, Africana y Madagascar (Anthony *et al.*, 1999). Según Sáenz (1892), la mayor parte de estas especies son variedades dependientes de las condiciones del suelo, clima y cultivo. Los registros históricos indican que las primeras introducciones del cultivo fueron realizadas por europeos: desde Ámsterdam hacia la Guyana Holandesa y desde París a Martinica (Anthony *et al.*, 1999).

Los cafetos provenientes de Yemen dieron lugar a dos variedades fundamentales de *Coffea arabica*: *C. arabica var. typica* (conocida como Arábigo o Típica), base genética de las primeras variedades cultivadas en América y Asia; y la *C. arabica var. bourbon*, difundida desde la isla Bourbon (Krug *et al.*, 1939; Carvalho *et al.*, 1969, como se citó en Anthony *et al.*, 1999).

Según McCook (2017), en América la producción cafetalera se concentra en tierras altas tropicales y su expansión histórica se organizó en tres fases:

- Primera fase: Introducción en el Caribe (siglo XVIII).

- Segunda fase: Desarrollo masivo en Brasil, que se convirtió en el principal productor global hacia 1850.
- Tercera fase: Consolidación de un corredor productivo en la cordillera americana, desde el norte de Perú hasta México, incluyendo a Colombia y Centroamérica.

### **2.2.1 Características generales del café**

El cafeto (*Coffea spp.*) es una planta de crecimiento arbustivo y tarda aproximadamente tres años en alcanzar su madurez productiva (Wintgens, 2004). Esta especie exhibe una notable diversidad genética, la cual se manifiesta en diferencias en el tamaño de las hojas, porte (alto o bajo), longitud de los entrenudos, peso y tamaño de los frutos, contenido de cafeína, rendimiento potencial y resistencia a enfermedades. No obstante, factores ambientales como el clima, altitud, sombreado, nutrición del suelo y disponibilidad de agua inciden directamente en su desarrollo, producción y calidad sensorial del grano (Wintgens, 2004).

El desarrollo vegetativo del cafeto se origina en los meristemas apicales y axilares. Las yemas del ápice del tallo generan nudos, hojas y el crecimiento vertical (ortotrópico), mientras que las yemas laterales en las axilas foliares promueven la formación de nudos, hojas y la expansión lateral (crecimiento plagiotrópico). De estos meristemas se diferencian los primordios que darán origen a estructuras como ramas, brotes y flores (Arcila P. et al., 2007).

Wintgens (2004) señala que, según la especie y las condiciones ambientales, un cafeto de un año desarrolla aproximadamente de seis a diez niveles de ramas plagiotrópicas.

Al cabo de dos años, el cafeto puede alcanzar una altura de 1.5 a 2.0 m y aparecen las primeras floraciones.

### **2.2.2 Características del fruto de café**

Salazar et al. (1994, como se citó en Ramos et al., 2010) describen que el desarrollo del fruto ocurre en tres fases diferenciadas: la primera fase, desde la floración hasta la octava semana, es de crecimiento lento; durante este período, los frutos permanecen verdes y adquieren un tamaño reducido. Entre la novena y la vigésima sexta semana ocurre una fase de desarrollo acelerado, donde los frutos obtienen una ganancia sustancial de peso, manteniendo su coloración verde con variaciones graduales en su tonalidad. La fase final (semanas 27 a 32) presenta el cambio crítico, el fruto transita del verde al rojo, indicando que ha alcanzado su madurez fisiológica completa, en este estado los granos están plenamente aptos para cosecha.

El desarrollo y la maduración adecuada de la cereza del café son fundamentales para garantizar tanto la cantidad como la calidad del producto final. Cada fruto comprende aspectos físicos y químicos que influyen en el sabor, aroma y cuerpo de la bebida (Marín et al., 2003). La calidad final del café está directamente relacionada con la madurez al momento de la cosecha; se basan en la selectividad, enfocándose en la recolección de frutos en estado de madurez con más de 30 semanas después de su floración (Londoño H. et al., 2002). El desarrollo del fruto tiene una duración aproximada de 220 a 240 días dependiendo del lugar de producción (Arcila P. et al., 2007).

Autores como Roa et al. (1999), Sandoval y Prieto (2007), y Cárdenas (2007), como se citó en Carvajal et al., (2011) destacan que la identificación del color del fruto es usado como indicador del estado de madurez, por lo que pueden variar entre amarillo, rojo, rojo anaranjado o cuando tienen una sobremaduración de color púrpura según el cultivar.

### **2.2.3 Características del grano del café**

La formación de los frutos está compuesta por dos semillas, correspondientes a un óvulo por cada lóculo del ovario. Sin embargo, existen alteraciones morfológicas: pueden formarse frutos con tres o más semillas (granos triángulos) como resultado de anomalías en la estructura del ovario, manifestadas como ovarios triloculares o pluriloculares, o desarrollo de múltiples óvulos dentro de un mismo lóculo (granos monstruos). Por otro lado, también se observan frutos con una única semilla redondeada llamada comúnmente “caracolillo”, debido al aborto de uno de los óvulos durante la fecundación; cabe señalar que la incidencia de estas variaciones tiende a incrementarse significativamente en situaciones de cruzamiento genéticos, generalmente por incompatibilidad genética (Flórez et al., 2013).

Según López (1967, como se citó en Flórez et al., 2013), la forma que adquiere la semilla del café está determinada por la manera en que se desarrollan las cavidades del ovario, ya que el endospermo se forma después de que los lóculos alcanzan su estructura final.

## 2.2.4 Clasificación taxonómica del café

Reino: Plantae

Phylum: Streptophyta

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Género: *Coffea*

Especie: *C. arabica* L.; *C. canephora*.

Nota: La clasificación taxonómica fue extraída de la base de datos de: (*Coffea arabica* L. | *Plants of the World Online* | *Kew Science*, s. f.), (*Coffea arabica* L. in *GBIF Secretariat*, 2023).

## 2.3 Caracterización de Germoplasma

La caracterización de germoplasma es un proceso esencial dentro del manejo de los recursos genéticos, que permite conocer y organizar colecciones e identificar genotipos valiosos para su uso en programas de mejora genética. Tradicionalmente, se han utilizado las evaluaciones de genotipos en colecciones mediante el uso de descriptores morfológicos y agronómicos (Astorga, 1999).

Para la caracterización agro-morfológica se utilizan características de la planta, el fruto y el grano. Según Enríquez (1966, como se citó por Astorga, 1999), se evalúan rasgos cualitativos y cuantitativos específicos, estos incluyen el color de la hoja joven, el ángulo de inserción de las ramas plagiotrópicas, la longitud y el ancho de las hojas, así como las propiedades de los frutos y granos, incluyendo el porcentaje de frutos vanos, el peso de café oro, el porcentaje de rendimiento de café oro, el relleno de fruto y el porcentaje de granos caracol.

Otra forma de caracterizar los germoplasmas es mediante marcadores moleculares, los cuales presentan ventajas significativas, dado que no están influenciados por condiciones ambientales, permiten utilizar cualquier tejido vegetal independientemente de su estado de desarrollo, requieren cantidades mínimas de material biológico y ADN, y exhiben alta estabilidad química. Paralelamente, la caracterización genotípica, que históricamente se basaba en marcadores enzimáticos, ha evolucionado hacia el uso predominante de marcadores moleculares de ADN en enfoques contemporáneos (Astorga, 1999).

La composición genética de un organismo se conoce como genotipo e incluye tanto los elementos genéticos citoplasmáticos como todos los genes presentes en los cromosomas. Además, está ligada al medio ambiente, el cual comprende las condiciones externas que afectan el crecimiento y desarrollo del organismo. Aspectos tales como las prácticas de siembra, la fertilidad, el tipo de suelo, factores climáticos (lluvia, temperatura, humedad relativa) y fitosanitarios (enfermedades, presencia de plagas) (Vallejo y Estrada, 2002). Las variaciones en el comportamiento de los

genotipos en diversos entornos se deben a estas interacciones, lo que complica la selección de genotipos que presenten estabilidad y adaptabilidad en diferentes condiciones (Yang & Baker, 1991).

## **2.4 Bases genéticas de las principales especies cultivadas**

### **Típica**

Fue una de las primeras introducciones en América y fue usada por Linneo para describir la especie; con ella se inició la caficultura en América Latina. Es una variedad de porte alto, conformada por entrenudos largos, susceptible a la Roya; su fruto puede ser de color amarillo o rojo y el grano es de los de mayor tamaño dentro de las variedades cultivadas, con una buena calidad de taza (Orozco C.,1986; Cortina Guerrero et al., 2013; Velásquez O., 2019; World Coffee Research, 2023).

### **Borbón**

Proveniente de la isla de la Reunión, llamada antes Bourbon, fue introducida por los franceses a Colombia en 1928. La variedad es de porte alto y sus ramas son más estrechas que la Típica; su fruto es de rojo o amarillo, el grano es pequeño y su calidad de taza es similar a la de la Típica. Debido a su productividad, reemplazó en gran parte la producción de la variedad Típica en América Central, el Caribe y Brasil. Ha sido ampliamente utilizada en diversos cruzamientos (Orozco C.,1986; Cortina Guerrero et al., 2013; Velásquez O., 2019; World Coffee Research, 2023).

## **Mundo Novo**

Es una de las variedades más productivas y cultivadas en Brasil. Se presume que se originó del cruzamiento Típica y Borbón; también dio origen a la variedad Garnica de México, así como los híbridos del Salvador y Costa Rica. Sus características morfológicas son similares a la Típica, pero con mayor vigor y hojas de mayor tamaño, su grano es comparable con la Típica y es uno de los progenitores de la variedad Catuaí (Orozco C.,1986; Cortina Guerrero et al., 2013; Velásquez O., 2019; World Coffee Research, 2023).

## **Caturra**

Se originó por la mutación en una plantación de Borbón en el estado de Minas Gerais, Brasil. Es de porte bajo debido a un gen dominante que acorta la longitud de los entrenudos y por ende sus ramas, lo que confiere un crecimiento compacto y alta productividad. Su fruto puede ser rojo o amarillo, el grano es de tamaño medio y similar a la variedad Borbón, y presenta una buena calidad en taza, aunque es susceptible a la Roya. Por sus excelentes características agronómicas, ha sido utilizada como progenitor para el desarrollo de diferentes variedades e híbridos como el Timor, así como la obtención de variedades resistentes a la Roya como Colombia y Castillo (Orozco C., 1986; Cortina Guerrero et al., 2013; Velásquez O., 2019; World Coffee Research, 2023).

## **Catuaí**

Esta variedad proviene del cruzamiento de las variedades Caturra y Mundo Novo, realizada en 1972 en Brasil; fue seleccionada por su vigor y su porte bajo, aunque es susceptible a la Roya. Sus frutos pueden ser de color rojo o amarillo; diversas líneas de Catuaí se transfirieron a Centroamérica esperando altos rendimientos como fue en el caso de Brasil; sin embargo, su comportamiento varía según altitud. Existen múltiples líneas de esta variedad que, por lo general, no mostraron diferencias significativas en la productividad (Orozco C., 1986; Cortina Guerrero et al., 2013; Velásquez O., 2019; World Coffee Research, 2023).

### **2.5 Desarrollo de nuevas variedades como parte de estrategias de introgresión genética e hibridación en el mejoramiento del café arábica**

El mejoramiento genético del café arábica en América Latina ha incorporado estratégicamente material genético de otras especies del género "*Coffea*" para ampliar su base genética, particularmente en la búsqueda de resistencia a enfermedades. Este proceso, conocido como introgresión genética, ha sido fundamental para el desarrollo de variedades resilientes. El Híbrido de Timor, originado por un cruce natural entre *C. arabica* y *C. canephora* descubierto en Timor Oriental, se convirtió en la fuente primaria de resistencia a la Roya. Los programas de investigación utilizaron este híbrido como progenitor para cruzamientos con variedades comerciales de porte bajo y alto rendimiento, como Caturra y Villa Sarchí. De estos esfuerzos surgieron dos grupos principales de variedades introgresadas: los Catimores (resultado del cruce entre

Caturra e Híbrido de Timor) y los Sarchimores (provenientes del cruce entre Villa Sarchí e Híbrido de Timor).

Estas variedades representan un avance crucial al incorporar genes de resistencia de la especie Robusta, manteniendo al mismo tiempo las características deseables de calidad de taza del Arábica (Cortina Guerrero et al., 2013; Vossen, 2018; Velásquez O., 2019; Marafon et al., 2021).

Como una evolución de estas estrategias, se desarrollaron los Híbridos F<sub>1</sub>, que representan una innovación tecnológica. Impulsados por el CATIE en colaboración con CIRAD y PROMECAFE en la década de 1990, estos híbridos buscan aprovechar el fenómeno de heterosis o vigor híbrido. Se obtienen mediante el cruce meticuloso de dos líneas parentales genéticamente distintas de *C. arabica*, donde Típica es uno de los progenitores que aporta genes de resistencia derivados del Híbrido de Timor. Este enfoque permite combinar de manera sinérgica características superiores como alta productividad, vigor vegetativo, resistencia a enfermedades y una excelente calidad en taza, atribuida frecuentemente al uso de accesiones etíopes o sudanesas como uno de los padres (Vossen, 2018; Solano et al., 2019).

La propagación de estos híbridos, que garantiza la uniformidad genética, se realiza mediante técnicas avanzadas como la embriogénesis somática, marcando un hito en el fitomejoramiento cafetalero al ofrecer una solución sostenible y de alto desempeño agronómico para los productores (Vossen, 2018; Solano et al., 2019; World Coffee Research, 2023).

## **2.6 Plagas comunes del café**

El cultivo de café es atacado por diversas plagas y enfermedades; entre las principales se encuentran la Broca del café (*Hypothenemus hampei*) y la Minadora del café (*Leucoptera coffeella*). Entre las enfermedades más importantes están el ojo de gallo (*Mycena citricolor*), la Mancha de Hierro (*Cercospora coffeicola*) y la Roya del café (*Hemileia vastatrix*).

### **2.6.1 Roya del café.**

La Roya anaranjada del café fue reportada a principios de 1869 por el micólogo británico M.J. Berkeley, quien describió el patógeno como *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome; su presencia en América se documentó por primera vez en 1970, en Brasil (Rayner et al., 1972). La principal forma de multiplicación del hongo, es a través de las uredosporas; el cual pertenece al orden Pucciniales; una vez establecido en la planta, provoca la caída prematura de las hojas, reduciendo la capacidad fotosintética y debilitando los árboles, lo que puede ocasionar la muerte regresiva de las ramas e incluso la planta completa (SENASICA, 2016).

La dispersión del hongo es favorecida por el viento y la lluvia. Asimismo, se asocia a las altas densidades de plantación; insectos como los thrips, moscas y avispas contribuyen a la dispersión en proporciones mínimas.

## 2.6.2 Taxonomía de la Roya del café

Según Avelino et al. (1999), la clasificación taxonómica del agente causal de la Roya anaranjada del cafeto es la siguiente:

Reino: *Fungi*

Filo: *Dikarya*

Clase: *Basidiomycota*

Subclase: *Pucciniomycotina*

Orden: *Pucciniales*

Familia: *Pucciniaceae*

Género: *Hemileia*

Especie: *Hemileia vastatrix*

## 2.6.3 Características y síntomas

El síntoma más característico de la Roya del cafeto es la presencia de un micelio polvoriento de color anaranjado en el envés de las hojas; en las etapas iniciales de la infección se observan manchas redondeadas y translúcidas de color amarillo claro, que aumentan de tamaño conforme avanza la enfermedad, y cuya apariencia exacta puede variar de acuerdo con la variedad afectada (Rayner, 1961). Este polvillo es originado por las urediniósporas del hongo, las cuales presentan dimensiones microscópicas de 30  $\mu\text{m}$  de largo por 20  $\mu\text{m}$  de ancho, forma reniforme, superficie interna lisa y externa rugosa, y son producidas en grandes cantidades; por su parte,

las teliósporas se presentan con menor frecuencia, tienen forma redondeada y miden entre 20 y 25  $\mu\text{m}$  (Castro et al., 2009, como se citó en SENASICA, 2019).

#### **2.6.4 El ciclo de la Roya**

El ciclo está conformado por cuatro etapas: diseminación, colonización, germinación, reproducción (figura 1). La etapa de diseminación se da a través del viento y la lluvia, que transportan las uredosporas hacia los estomas del envés foliar, donde se aprecian los primeros síntomas de la enfermedad en forma de pequeñas lesiones; posteriormente, las uredosporas se presentan a simple vista como un polvillo de color anaranjado, el diámetro puede alcanzar 2 cm y, al crecer, se unen y cubren un alto porcentaje de su área foliar. En la etapa de colonización, el patógeno desarrolla estructuras denominadas haustorios que entran en contacto con las células de la planta; las células parasitadas empiezan a perder la coloración y se pueden observar manchas cloróticas. La etapa de germinación comienza cuando se presentan condiciones favorables: presencia de agua, ausencia de luz y un rango de temperatura de 16°C y 28°C; los tubos germinativos buscan espacio en las estomas hasta poder introducirse en el interior de la hoja. En la etapa de reproducción una vez ocurrida la colonización, después de 30 días se producen nuevas uredosporas.

#### **2.6.5 Epidemiología**

La epidemia de la Roya se da por la formación del inóculo, responsable del desarrollo de la epidemia en su fase inicial; el avance se presenta en tres fases, fase lenta, rápida y terminal. La fase lenta inicia con la infección que no se muestran visualizaciones de los síntomas, después del proceso de incubación, el hongo presenta índices de

infección de hojas menores del 10%, el inóculo residual se mantiene en la época seca y se activa con el establecimiento de lluvias; La fase rápida debido a los procesos anteriores por medio de la incubación y esporulación en la fase lenta la Roya se dispersa de manera acelerada, esta fase está comprendida entre junio y diciembre en donde ocurre varios ciclos infectivos; la fase terminal es donde la epidemia muestra un crecimiento rápido llegando a su etapa final en donde las hojas proceden a caerse debido a la alta severidad, afectando el funcionamiento del árbol. (ANACAFE, 2015).

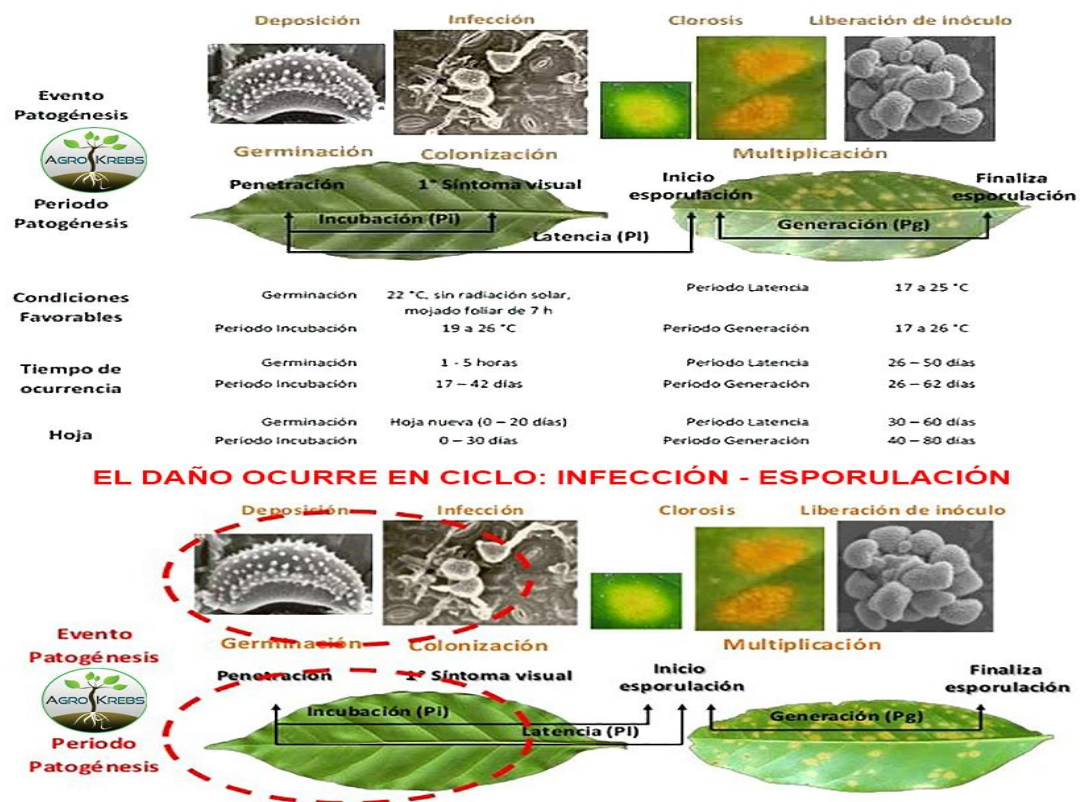


Figura 1. Proceso de infección del hongo *H. vastatrix* desde la disseminación hasta la aparición de los síntomas Fuente: (SENASICA, 2019)

## **2.6.6 Evaluación cuantitativa de la epidemia**

El control de la Roya es crucial para la protección del follaje durante el llenado de los granos, y un buen control tiene el propósito de garantizar la cantidad y la calidad de la cosecha para un ciclo del cultivo; para lograrlo, se debe considerar la determinación del hospedero, patógeno, ambiente y el manejo, de manera que se pueda disminuir las interacciones entre ellos y así poder afectar el desarrollo de la epidemia (López et al., 2011).

La cuantificación fitopatológica requiere correlacionar métricas de incidencia/severidad con variables climáticas y fenológicas del cultivo, evaluando su progresión para poder realizar la triangulación de datos que no solo revela la dinámica epidémica, sino que optimiza intervenciones mediante ventanas de oportunidad ligadas al ciclo biológico del patógeno y la planta (López et al., 2011).

### **2.6.6.1 Incidencia**

Este indicador expresa la densidad de invasión fúngica en un cultivo, calculando la relación entre unidades vegetales sanas y aquellas colonizadas por el patógeno en un espacio delimitado. Refleja, la huella epidemiológica visible: cuántas estructuras vegetales (hojas, tallos) o individuos completos exhiben síntomas, transformando la biología del daño en datos accionables (López et al., 2018).

### **2.6.6.2 Severidad**

Este parámetro cuantifica la superficie vegetal afectada por el patógeno, traducida en un índice que oscila entre la integridad biológica y la necrosación total. Representa no solo la extensión geográfica de la infección en tejidos, sino la intensidad del diálogo patógeno-huésped (López et al., 2018).

El uso de la escala diagramática permite evaluar el área foliar afectada (severidad), ofreciendo datos aproximados del valor real que ahorran tiempo y recursos sin renunciar a la precisión. Algunos métodos visuales como los diagramas de área estándar muestran secciones de tejido vegetal con distintas proporciones de lesión, permitiendo comparar y mediante interpolación visual, estimando el porcentaje de área afecta en campo estableciendo intervalos que oscilan 0,05 % y el 80,0 % del tejido foliar afectado. Se conocen, en el caso de la Roya del café, tres diagramas para la estimación cuantitativa desarrollados por Kushalappa y Chaves en 1980 en Brasil, Villegas en 1985 en Colombia y Capucho et al (2011) en Brasil (López et al., 2018).

## **2.7 Manejo integrado de la Roya**

El manejo del cultivo está asociado con las estrategias implementadas en los programas de nutrición y al monitoreo constante; este último conlleva una serie de análisis de muestras del área foliar y del suelo para estructurar un plan de manejo adecuado que beneficie el incremento de las plantaciones, así como su buen desarrollo con un mayor número de ramas y área foliar óptima. Según el nivel de estrés

fisiológico y la edad de la planta, se recomienda implementar prácticas culturales como la poda o el caso de despunte herbáceo en plantaciones jóvenes (ANACAFE, 2015).

Según IICA (2013), se recomienda realizar la primera aplicación de fungicidas aproximadamente 40 días después de la floración principal y, posteriormente, efectuar dos aplicaciones adicionales con intervalos de 40 días. El control de la sombra es igualmente crítico, ya que incide directamente en el microclima dentro de los cafetales; se recomienda una cobertura de sombra del 60% en zonas de baja y media altura, y del 40% en zonas con mayor altura.

Debido a la dinámica de desarrollo de la Roya, el control químico (Cuadro 1) es la herramienta. El éxito de esta intervención depende de factores como las aspersiones oportunas, el muestreo periódico, el número y la frecuencia de las aplicaciones por año, así como las dosis, el tipo de fungicida utilizado y la cobertura de la aspersión en el envés de la hoja (Campos, 2015).

Se distinguen dos categorías de fungicidas que son utilizados para el control, basándose en los índices de incidencia y severidad. Los fungicidas de contactos se utilizan de forma preventiva, creando una capa de protección en el envés con la finalidad de evitar la germinación de las esporas; las aplicaciones se recomiendan realizarse cuando los niveles de infecciones son menores al 10%. Los productos más conocidos incluyen óxidos e hidróxidos de cobre, así como preparados a base de sales orgánicas y fungicidas de origen botánico. Por su parte, los fungicidas sistémicos (Cuadro 1) poseen la propiedad de infiltrarse en los tejidos de las plantas de manera translaminar; durante este proceso se distribuyen a través del mesófilo y avanzan por el parénquima e incluso a las capas cercanas a la endodermis. Se ha reportado una

alta eficacia de los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles, cuyo mecanismo de acción consiste en bloqueo de la formación de la molécula ergosterol mediante el proceso remoción de una molécula del grupo metil. Es importante destacar que, en los meses de la época seca, las aplicaciones de fungicidas pierden efectividad dado que el hongo comienza a disminuir su actividad metabólica (Campos, 2015).

**CUADRO 1: FUNGICIDAS SISTÉMICO Y DE CONTACTO USADOS PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ FUENTE: (CAMPOS, 2015)**

| <b>Nombre Comercial</b>   | <b>Ingrediente activo</b>  | <b>Grupo químico</b>      | <b>Modo de acción</b> | <b>Dosis PC/Ha</b> |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Alto 10 SL</b>         | Cyproconazole              | Triazol                   | Sistémico             | 600 A 800 ml       |
| <b>Opus 12,5</b>          | Epoxiconazole              | Triazol                   |                       | 500 cc             |
| <b>Esfera Max 53,5 SC</b> | Cyproconazole              | Triazol + Trifloxystrobin |                       | 250 cc             |
| <b>Opera 18,3 SE</b>      | Epoxiconazole              | Triazol + Estrobilurina   |                       | 500 cc             |
| <b>AS 30 EC</b>           | Triazol+ triadimefon       | Triazol                   |                       | 714 cc             |
| <b>Amistar</b>            | Azoxystrobin +             | Azoxystrobin              |                       | 536 cc             |
| <b>Xtra 28 SC</b>         | Cyproconazole              | + Triazol                 |                       |                    |
| <b>Caporal</b>            | Triadimenoll               | Triazon                   |                       | 714 cc             |
| <b>Silvacur</b>           | Tebuconazole + Triadimenol | Triazol + Triazol         |                       | 714 cc             |
| <b>Óxido de cobre</b>     | Cobre                      | -                         |                       |                    |
| <b>Hidróxido de cobre</b> | Cobre                      | -                         | Contacto              | 5.72 L             |

|                            |  |   |  |
|----------------------------|--|---|--|
| <b>Trilogy 64 EC</b>       | Aceite de Nim  | - | 5.72 L   |
| <b>Oxicloruro de cobre</b> | Oxicloruro de cobre<br>50% de cobre metálico   | - | 3.57 kg  |
| <b>Caldo sulfocálcico</b>  | Azufre+Óxido de calcio   | - | 14.3 L de la mezcla compuesta por 2 kg azufre + kg óxido de calcio en 10 L de agua             |
| <b>Caldo Bordelés</b>      | Sulfato de cobre (SC),<br>Cal hidratada (HC)   | - | 8.58 kg (SC)<br>11.44kg (HC)   |
| <b>Caldo viscosa</b>       | Sulfato de cobre (SC),<br>Sulfato de zinc (SZ),<br>Sulfato de magnesio (SM),<br>Ácido bórico (AB),<br>Urea (46%)<br>Cal hidratada (HC) | - | 2.86 kg (SC)<br>3.43 kg (SZ)<br>2.29 kg (SM)<br>2.29 kg (AB)<br>2.29 kg (Urea)<br>2.86 kg (HC) |

Contacto

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación del ensayo

El experimento se desarrolló en la finca El Recuerdo, perteneciente a la familia Tedman Mackintaire, ubicada a  $8^{\circ}46'40.925''$  de Latitud Norte y a  $82^{\circ}25'45.61''$  de Longitud Oeste, a 1,110msnm; en el Corregimiento de Jaramillo, distrito de Boquete, provincia de Chiriquí. La zona presentó una precipitación anual promedio de 2,672 mm, una temperatura media de  $20.5^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del 85%.



Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en la finca El Recuerdo (Enfrente de la Feria de las Flores y el Café), distrito de Boquete.



Figura 3. Vista general del área del ensayo donde se desarrolló la investigación.

### **3.2. Descripción del estudio**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 22 genotipos, incluyendo dos testigos locales Catuaí y Caturra y tres repeticiones.

#### **Modelo Experimental**

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor del rendimiento de los genotipos

$\mu$  = Efecto de la media general

$T_i$  = Efecto del genotipo

$B_j$  = Efecto de los bloques

$E_{ij}$  = Error experimental

### **Las variables evaluadas:**

- Número de árboles enfermos y sanos
- Número de hojas enfermas
- Área de la hoja enferma
- Peso de café cereza
- Peso de café pergamino
- Peso de café Oro (café verde)

La investigación fue de tipo cuantitativo con enfoque descriptivo y comparativo, realizada en condiciones de campo. El cultivo se estableció el 4 de agosto de 2021 con una distancia de siembra de 1,30 m entre plantas y 2,50 m entre hileras, lo que resultó en una densidad de 3 077 plantas por hectárea. Durante el primer y el segundo año tras el establecimiento se realizaron aplicaciones de fungicida en las parcelas. Al momento de la evaluación, el cultivo contaba con tres años desde su establecimiento.

Se evaluaron 22 genotipos (Cuadro 2), entre los cuales se incluyeron dos testigos locales (Catuaí y Caturra). El manejo de la fertilización consistió en una onza de fertilizante con formulación completa de 12-24-12, en el trasplante; una onza por planta los tres primeros meses. 1.5 onzas los seis meses siguientes; 2 onzas por planta a los dos años; 3 onzas por planta a partir del inicio de la floración (etapa reproductiva) utilizando una formulación de 15-5-18-2. Se cosecharon los frutos por genotipo, y se sometieron a un despulpado, fermentación, lavado, y secado.

**CUADRO 2: LISTA DE VARIEDADES Y LÍNEAS POR GRUPO, EN EL ENSAYO EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN LA FINCA EL RECUERDO, DISTRITO DE BOQUETE, AÑO 2024.**

| <b>Grupo</b>  | <b>Nombre</b>    | <b>Grupo</b>          | <b>Nombre</b>     |
|---------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| HIBRIDOS F1   | H3               | CAVIMOR               | PARAISO           |
| HIBRIDOS F1   | CASIOPEA         | CAVIMOR               | CATIGUA MG-2      |
| HIBRIDOS F1   | EXCELENCIA       | LINEAS BORBON         | SL-28             |
| HIBRIDOS F1   | MILENIO          | LINEAS BORBON         | CATURRA (T local) |
| HIBRIDOS F1   | EC-16            | CATIMOR<br>MULTILINEA | COLOMBIA 3        |
| BORBON Típica | T-16778 A        | CATIMOR<br>MULTILINEA | COLOMBIA 4        |
| BORBON Típica | CATUAI Fruto A.  | CATIMOR               | ORO AZTECA        |
| BORBON Típica | CATUAÍ (T local) | CATIMOR               | MP-547            |
| SARCHIMOR     | 18135            | CATIMOR               | LEMPIRA           |
| SARCHIMOR     | PARAINEMA        | INTROGRES             | BATIAN            |
| OTROS         | MM-125           | INTROGRES             | BATIAN VARIANTE 2 |

### **3.3 Materiales y equipos**

Durante la cosecha de los genotipos, esta tuvo un procesamiento en los cuales se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- 1) Balanza digital
- 2) Despulpadora
- 3) Piladora eléctrica
- 4) Bastidor para secado
- 5) Envases para fermentación
- 6) Bolsas plásticas

- 7) Marcador permanente
- 8) Etiquetas de identificación
- 9) Libreta de campo

### 3.4 Evaluaciones de Roya del café

#### 3.4.1 Porcentaje de incidencia.

El porcentaje de incidencia (%) se determinó mediante el conteo de plantas que presentaron lesiones por roya, dividido entre el número total de plantas evaluadas, y multiplicado por cien (Figura 4.).

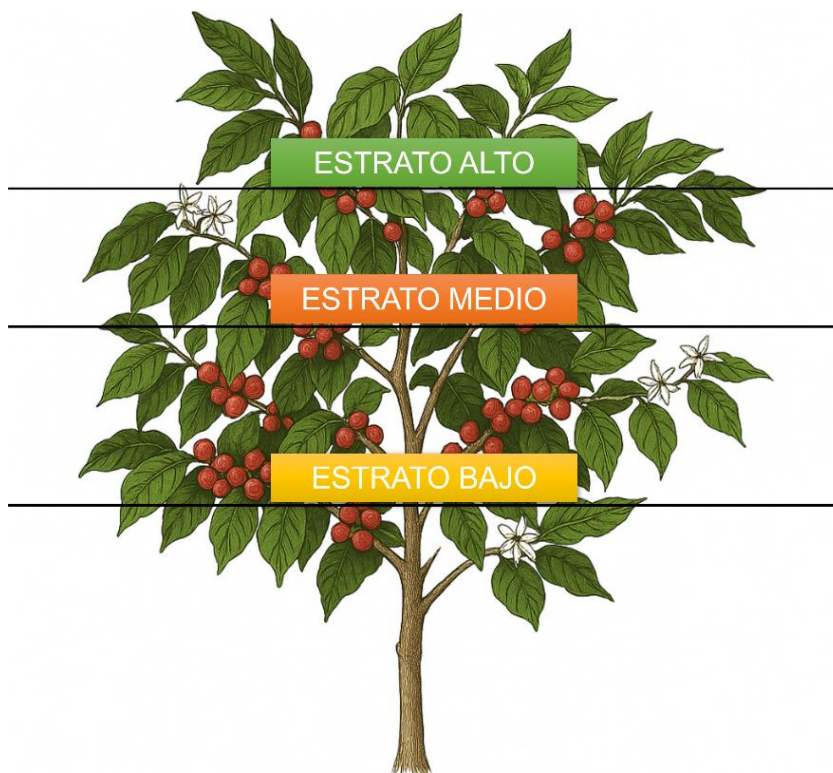


Figura 4. Distribución vertical del árbol de café dividida en tres estratos (alto, medio y bajo) para la evaluación de incidencia.



Figura 5. Área de muestreo utilizada en la evaluación de la incidencia de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*).



Figura 6. Registro fotográfico obtenido durante la evaluación de incidencia de Roya.

### 3.4.2. Porcentaje de Severidad

Para la determinación del porcentaje de severidad, se seleccionó dentro de cada parcela el primer árbol que presentaba síntomas visibles de roya. A partir de este árbol se evaluaron dos bandolas o ramas, y en cada hoja con síntoma se estimó visualmente el área foliar afectado por el hongo *H. vastatrix* mediante el uso de una escala diagramática (Figura 7).

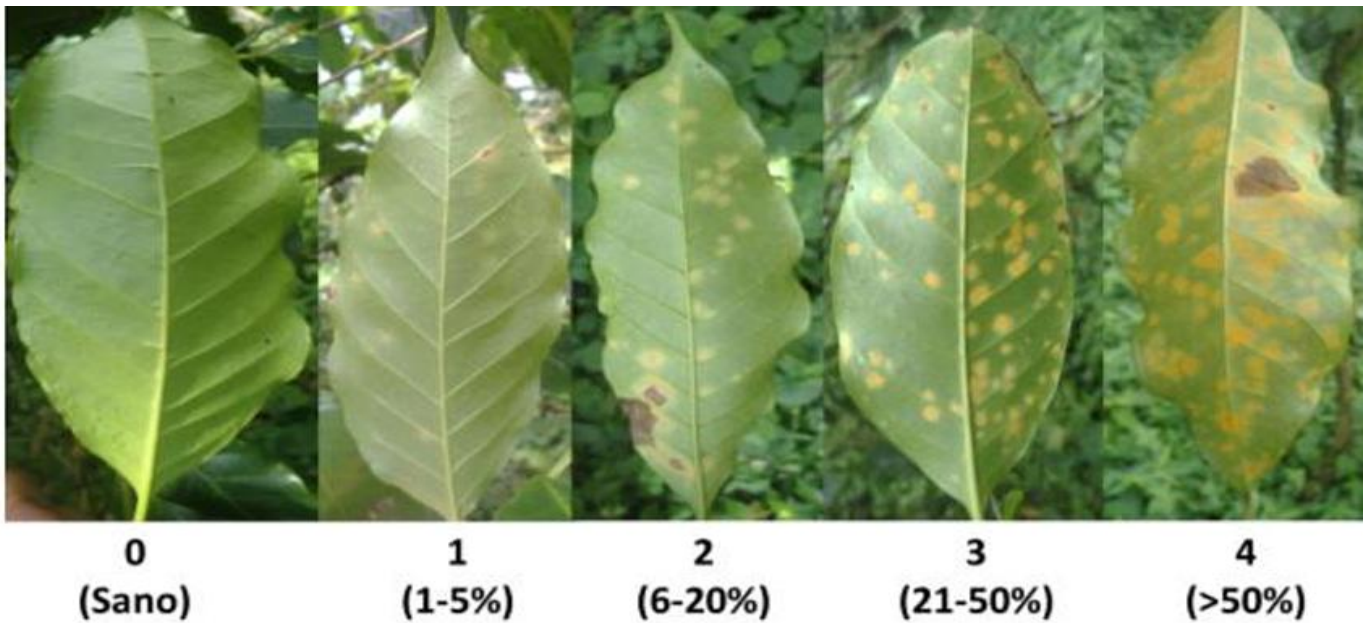


Figura 7. Escala diagramática utilizada para la evaluación de severidad de roya en las hojas de café. Fuente: (SENASICA, 2013)



Figura 8. Fotografías obtenidas durante la evaluación de severidad de roya, empleando la escala diagramática para la estimación visual del porcentaje de área foliar afectada en diferentes niveles de infección.

### 3.5 Evaluación de cosecha

La cosecha se inició el 04 de octubre de 2023 y concluyó el 21 de enero del 2024, completando un total de 26 rondas de recolección. Los frutos se cosecharon de forma selectiva, una vez que alcanzaron su estado óptimo de madurez, identificado por la coloración amarilla, rojo intensa o de tipo uva. Para el traslado de las muestras al IDIAP subcentro de Boquete, los frutos se depositaron en bolsas plásticas tipo ziploc debidamente identificadas con el número de bloque y el número de tratamiento (Figura 9).



Figura 9. Evidencia del proceso de cosecha selectiva de frutos maduros con identificación por bloque y tratamiento para su posterior análisis.

Una vez cosechados los frutos de café, se procedió a las labores postcosecha (despulpado, fermentado, lavado) y secado al sol en bastidores hasta alcanzar una humedad de 10-11% (Figura 10). Se registró el peso de cereza en kilogramo después de cada cosecha por tratamiento. Al finalizar las rondas de recolección, se registró el peso total del café pergamino y posterior al pilado, el peso del café oro. El pilado de los 22 genotipos se llevó a cabo en el laboratorio de café del IDIAP de Río Sereno.



Figura 10. Manejo postcosecha del café, aplicadas a las 66 muestras recolectadas en campo.

### 3.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de rangos de Tukey ( $P < 0.05$ ). El procesamiento estadístico de estos datos se efectuó con el paquete estadístico de SAS Studio, software especializado en el análisis estadístico y gráfico de datos.

#### IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 3) indica diferencias altamente significativas ( $Pr < 0.01$ ) entre genotipos para las variables: rendimiento de café cereza, pergamino, verde (oro), y porcentaje de incidencia y severidad de roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*). Con un coeficiente de variación que estuvo entre 35.61 % y 62.15%, esta variación se debió a los diferentes genotipos en estudio. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) osciló entre 0.4353 y 0.7896.

**CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DE LA INCIDENCIA, SEVERIDAD, PESO DE CAFÉ CEREZA, PERGAMINO Y VERDE, DEL ENSAYO DE LAS 22 LÍNEAS Y VARIEDADES DE CAFÉ A 1100 M.S.N.M. JARAMILLO, BOQUETE, CHIRIQUI. 2024-25**

| Cuadrados Medios |      |             |                |            |            |           |
|------------------|------|-------------|----------------|------------|------------|-----------|
| F. V.            | G.L. | Café cereza | Café pergamino | Café verde | Incidencia | Severidad |
| Modelo           | 23   | 18.166129   | 1.921755       | 0.396981   | 32.686590  | 1.6943    |
| Error            | 42   | 4.1239      | 0.8487         | 0.2820     | 7.3884     | 0.2471    |
| Bloq             | 2    | 4.25766     | 1.0581         | 0.0470     | 2.0485     | 0.005     |
| Genotipo         | 21   | 19.4907**   | 2.003**        | 0.4303**   | 35.6045**  | 1.8551**  |
| C.V. (%)         |      | 47.19       | 62.15          | 59.45      | 54.6807    | 35.6133   |
| $r^2$            |      | 0.7069      | 0.5535         | 0.4353     | 0.7078     | 0.7896    |

\*\* Hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ )

En el Cuadro 4 se presentan las comparaciones de medias para el rendimiento de café cereza, pergamino y oro, así como la incidencia y severidad de roya en los genotipos evaluados. Los resultados evidencian una marcada diferenciación en el comportamiento agronómico y fitosanitario de los materiales, lo que permite

identificar aquellos con mayor aptitud productiva y resistencia para las condiciones de 1100 m.s.n.m. en Chiriquí.

**CUADRO 4: COMPARACIÓN DE LA MEDIA DEL PESO PROMEDIO DE CAFÉ CEREZA, PERGAMINO Y VERDE; DE LAS LÍNEAS Y VARIEDADES DE CAFÉ A 1100 M.S.N.M. JARAMILLO, BOQUETE, CHIRIQUÍ.**

| Genotipo    | Café (Toneladas/has) |           |          | Porcentaje de |    |           |     |
|-------------|----------------------|-----------|----------|---------------|----|-----------|-----|
|             | Cereza               | Pergamino | Verde    | Incidencia    |    | Severidad |     |
| Milenio     | 10.258 A             | 3.2120 A  | 1.6685 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| BATIAN      | 8.291 AB             | 3.2065 AB | 1.6572 A | 6.919         | AB | 1.1154    | D   |
| MP-547      | 7.696 AB             | 2.4750 AB | 1.0580 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| Colombia 3  | 6.737 ABC            | 1.9910 AB | 1.0727 A | 10.025        | A  | 3.3327    | A   |
| Colombia 4  | 6.225 ABCD           | 2.1945 AB | 1.1321 A | 6.701         | AB | 3.2451    | AB  |
| T-16778 A   | 5.702 ABCD           | 1.6473 AB | 0.8894 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| Catuaí A    | 5.600 ABCD           | 1.9828 AB | 1.2835 A | 1.981         | AB | 0.8797    | CD  |
| EC-16       | 5.094 ABCD           | 1.2980 AB | 1.1561 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| Parainema   | 4.839 ABCD           | 1.5620 AB | 0.9491 A | 2.593         | AB | 0.8797    | CD  |
| H3          | 4.378 ABCD           | 1.4045 AB | 0.9388 A | 7.220         | AB | 1.5022    | CD  |
| 18135       | 4.105 ABCD           | 1.3173 AB | 0.7253 A | 4.726         | AB | 1.1251    | CD  |
| MM-125      | 4.105 ABCD           | 1.1385 AB | 0.5574 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| Batian V2   | 3.789 BCD            | 1.5950 AB | 1.1037 A | 8.701         | AB | 1.6347    | CD  |
| Catigua-MG2 | 3.756 BCD            | 1.7435 AB | 1.0662 A | 2.593         | AB | 0.9309    | CD  |
| Paraíso     | 3.064 BCD            | 1.3530 AB | 0.8094 A | 0.0           | B  | 0.0       | D   |
| SI-28       | 2.493 BCD            | 0.7335 AB | 0.2746 A | 5.725         | AB | 1.1034    | CD  |
| Lempira     | 2.296 BCD            | 1.3035 AB | 0.9068 A | 6.123         | AB | 1.4680    | CD  |
| Oro Azteca  | 2.295 BCD            | 0.9108 AB | 0.4536 A | 6.621         | AB | 2.3315    | ABC |
| Casiopea    | 1.235 CD             | 0.3406 AB | 0.5444 A | 8.925         | AB | 1.4630    | CD  |
| Excelencia  | 1.208 CD             | 0.3923 AB | 0.3484 A | 6.919         | AB | 1.3474    | CD  |
| Catuaí (T)  | 0.965 CD             | 0.3248 AB | 0.5216 A | 10.025        | A  | 1.7747    | BCD |
| Caturra (T) | 0.331 D              | 0.4853 AB | 0.5332 A | 9.323         | A  | 2.3354    | ABC |

Los datos de 0 de porcentaje fueron transformados con Raíz Cuadrada de (X+0.5)  
Densidad de plantas: 3,300 PL/HA.

## **Análisis de Rendimiento**

El análisis del rendimiento muestra una clara diferencia de los genotipos, con *Milenio* registrando el mayor rendimiento en café cereza ( $10,258 \text{ t ha}^{-1}$ ), así como en café pergamino ( $3,2120 \text{ t ha}^{-1}$ ) y café verde ( $1,6685 \text{ t ha}^{-1}$ ); diferenciándose estadísticamente en el grupo A. Este genotipo no presentó incidencia ni severidad de roya, lo que evidencia una alta tolerancia a roya y producción sobresaliente.

De manera similar, MP-547 no mostró síntomas de roya y alcanzó  $7.696 \text{ t ha}^{-1}$  en café cereza, mientras que Batian obtuvo  $8.291 \text{ t ha}^{-1}$ , aunque con incidencia moderada ( $6.919 \%$ ) y baja severidad ( $1.1154 \%$ ). No obstante, materiales como T-16778 A, EC-16, MM-125 y Paraíso no mostraron presencia de roya, Aunque su rendimiento fue moderado, esto indica una estabilidad sanitaria bajo las condiciones de evaluación.

Los genotipos Colombia 3 y Colombia 4 presentaron rendimientos intermedios ( $6.737$  y  $6.225 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente), pero registraron los valores más altos de incidencia (hasta  $10.025 \%$ ) y severidad ( $3.3327 \%$ ), lo que sugiere mayor susceptibilidad fitosanitaria.

Los testigos locales, Catuaí (T) y Caturra (T), registraron los rendimientos más bajos ( $0.965 \text{ t ha}^{-1}$  y  $0.331 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente) y alta incidencia ( $10.025 \%$  y  $9.323 \%$ ), ubicándose en los grupos estadísticos inferiores. Este comportamiento confirma la limitada adaptación productiva y sanitaria de estos materiales bajo las condiciones edafoclimáticas del sitio experimental.

Los resultados evidencian una clara superioridad de varios genotipos híbridos y mejorados en términos de productividad y tolerancia a la Roya, lo que sugiere una

interacción favorable entre potencial genético y condiciones ambientales de mediana altitud.

Resultados reportados por Cardoza Sánchez et al., (2025) destacan diferencias productivas entre genotipos modernos y variedades convencionales en ambientes de mediana altitud.

Esta superioridad de los materiales modernos es consistente con investigaciones de largo plazo. La ventaja productiva de híbridos F1 como Milenio está ampliamente documentada por el CATIE (2004-2013), donde Milenio superó en rendimiento a variedades tradicionales como Caturra y a otros mejorados como el Híbrido Centroamericano ( $1.86 \text{ t ha}^{-1}$  de oro) y Costa Rica 95 ( $1.69 \text{ t ha}^{-1}$  de oro) a lo largo de diez cosechas consecutivas; sin embargo, es crucial considerar que el desempeño de los genotipos puede estar modulado por la interacción genotipo x ambiente (Virginio Filho y Astorga Domian, 2021).

Es importante profundizar en la evaluación en diferente tipo de sistemas de producción, altitudes de estos genotipos, de manera que las recomendaciones varietales puedan ajustarse con mayor precisión a las condiciones específicas de cada zona productora, considerando tanto el comportamiento histórico documentado como las respuestas diferenciales observadas en localidades ya estudiadas.

En cuanto a la eficiencia de conversión, Arcila P. et al., (2007) demuestran que la madurez del fruto es el factor determinante en la eficiencia de la conversión de cereza a pergamino seco y, por ende, en la rentabilidad final del caficultor. Sus hallazgos corroboran que solo los frutos maduros y sobremaduros presentan factores de conversión óptimos lo que se traduce directamente en una mayor eficiencia productiva.

Asimismo, a medida que avanza la maduración, se obtiene un pergamino de mayor calidad, con un porcentaje de grano útil que supera el 76,99 % y una significativa reducción de defectos e impurezas. Los autores demuestran que los frutos en estado pintón y maduro requieren aproximadamente los 100 kg de pergamino seco por saco de 70 kg de verde establecidos como meta ideal, mientras que el uso de frutos verdes o secos eleva este requerimiento hasta en 86 kg adicionales, volviendo el proceso claramente antieconómico. Adicionalmente, al aislar este defecto de campo, se ajustan los rendimientos reales, demostrando que un manejo fitosanitario adecuado es fundamental para acercarse a los valores óptimos en café verde.

#### **4.5.1 Identificación de genotipos con alta resistencia a *Hemileia vastatrix***

En el cuadro 4, se presentan los genotipos que mostraron resistencia a la Roya. Los materiales Milenio, MP-547, EC-16, T-16778 A, MM-125 y Paraíso mostraron resistencia completa con 0.0 % de incidencia y 0.0 % de severidad (Grupo D). El híbrido Milenio demostró resistencia completa a *Hemileia vastatrix*, lo cual concuerda plenamente con su perfil genético documentado como material mejorado del Programa de PROMECAFE-CATIE-CIRAD. Su herencia del Sarchimor (T.05296), descendiente del Híbrido de Timor, le confiere una base genética sólida para la resistencia a roya, tal como reportan estudios previos en sistemas agroforestales del CATIE donde mantuvo su tolerancia durante 20 años incluso bajo alta presión de la enfermedad (Virginio Filho & Astorga Domian, 2021).

#### 4.5.2 Genotipos que presentaron resistencia intermedia

Los genotipos BATIAN (6.919 % incidencia, 1.1154 % severidad) y Parainema (2.593 % incidencia, 0.8797 % severidad) mostraron resistencia intermedia, ubicándose en el Grupo AB para incidencia y CD para severidad. Estos resultados sugieren la presencia de mecanismos de resistencia parcial, posiblemente asociados a genes de efecto menor que confieren tolerancia sin alcanzar inmunidad completa (Cuadro 4).

Según Castillo Z. y Alvarado A., (1997), la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café se explica a través de tres mecanismos fisiológicos y epidemiológicos clave.

- **Retraso en el inicio de la epidemia:** Se observa un período de latencia de 4 a 5 meses antes de que se manifiesten los primeros síntomas de roya, lo que permite a la planta desarrollar tejido foliar nuevo y acumular reservas energéticas antes de enfrentar el estrés patogénico.
- **Reducción en la tasa de progreso de la enfermedad:** Una vez establecida la infección, la dispersión del patógeno dentro de la planta y entre plantas circundantes ocurre a una velocidad significativamente menor comparado con variedades susceptibles. Esto limita el daño acumulado en el tiempo.
- **Balance positivo de follaje:** Los genotipos con resistencia incompleta mantienen una relación favorable entre la producción de hojas nuevas y la pérdida por defoliación. Cuando este balance supera el 100 %, la planta preserva su capacidad fotosintética y su vigor productivo, a diferencia de

variedades susceptibles donde el balance negativo acelera la defoliación vegetativa.

#### **4.5.3 Genotipos con Alta Susceptibilidad**

Colombia 3 registró los valores más altos tanto en incidencia (10.025 %, Grupo A) como en severidad (3.3327 %, Grupo A), seguido por Caturra (T) (9.323 % incidencia, 2.3354 % severidad) y Catuaí (T) (10.025 % incidencia, 1.7747 % severidad). Esta susceptibilidad elevada confirma los reportes de Avelino *et al.*, (1999) sobre la vulnerabilidad de materiales tradicionales ante razas evolucionadas del patógeno.

#### **4.6 Correlación Incidencia-Severidad**

Se observó una relación positiva entre ambos parámetros ( $r = 0.82$ ), donde genotipos con alta incidencia tendieron a presentar mayor severidad. Sin embargo, Catuaí (T) mostró una excepción notable, con alta incidencia (10.025 %) pero severidad moderada (1.7747 %), sugiriendo posibles mecanismos de supresión del desarrollo fúngico una vez establecida la infección.

## V CONCLUSIONES

Se identificaron genotipos con alta resistencia a roya (*H. vastatrix*) como Milenio, MP-547, EC-16, T-16778 A, MM-125 y Paraíso los cuales mostraron 0% de incidencia y severidad.

Los genotipos mejorados superaron significativamente a los testigos locales en rendimiento de café cereza, pergamino y verde.

La eficiencia de transformación de cereza a pergamino y verde fue óptima en genotipos de alta productividad. Milenio mostró la mejor relación (para cereza-pergamino), a comparación con materiales tradicionales. Los frutos maduros en genotipos superiores registraron >76 % de grano útil, contra <50 % en genotipos susceptibles.

La correlación entre rendimiento y resistencia fue evidente en materiales como Milenio y MP-547, que combinaron alta productividad con gran tolerancia a roya. Esto confirma que la selección de genotipos mejorados puede reducir pérdidas por enfermedades e incrementar la rentabilidad en la producción nacional.

## VI RECOMENDACIONES

Evaluar la calidad de taza de genotipos promisorios (especialmente Milenio, BATIAN, MP-547) para determinar su potencial en mercado. Este estudio es crucial para validar no solo el rendimiento sino también la rentabilidad final, ya que genotipos con perfil organoléptico superior pueden alcanzar mejores precios.

Validar el desempeño de los genotipos seleccionados en sistemas agroforestales y bajo manejo agronómico, con condiciones relevantes para Boquete y zonas aledañas.

Desarrollar guías técnicas específicas por genotipo para productores, incluyendo recomendaciones de densidad, sombra y nutrición basadas en los resultados.

Establecer incentivos para que los caficultores adopten genotipos resistentes, vinculados a reducción en uso de fungicidas y mayor eficiencia productiva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANACAFE. (2015). *Manejo Integrado de la Roya anaranjada. Hemileia vastatrix Berk et Br.*  
<https://www.anacafe.org/uploads/file/a0782d43ce214d408c7077394059f17f/17-situacion-roya.pdf>

Anthony, F., Astorga, C., & Berthaud, J. (1999). Los recursos genéticos: Las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. En *Desafíos de la caficultura en centroamérica* (Vol. 11, p. 496).

Arcila P., J., Farfán V, F., Moreno B, A., Salazar G, L., & Hincapié G, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia – Capítulo 2: Crecimiento y desarrollo de la planta de café* (Primera Edición). 2007.  
<https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>

Astorga, C. G. (1999). *Caracterización de variedades cultivadas de café (Coffea arabica L.) conservadas en el Banco de Germoplasma del CATIE* [Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)].  
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9197?locale-attribute=fr>

Avelino, J., Eskes, A., Santacreo, R., Bertrand, B., Rapidel, B., & PROMECAFE. Programa Cooperativo Regional para la Protección y Modernización de la Caficultura en Centroamérica, M. (1999). *La Roya anaranjada del cafeto: Mito y realidad: Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).  
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7944>

- Avelino, J., & Rivas Platero, G. G. (2013). La Roya Anaranjada Del Cafeto. En *Http://Hal.Archives-Ouvertes.Fr/Hal-01071036*.
- Campos, O. G. (2015). Manejo Integrado de la Roya anaranjada *Hemeleia vastatrix Berk et Br.* (p. 19) [Boletín técnico]. ANACAFÉ. <https://www.anacafe.org/uploads/file/a0782d43ce214d408c7077394059f17f/17-situacion-roya.pdf>
- Cardoza Sánchez, A. M., Quesquén Condori, J. V., Blas Montenegro, L. P., Meza, R. F., Guerrero, J. V., Ocmín, J. S., Quesquén Condori, J. V., Blas Montenegro, L. P., Meza, R. F., Guerrero, J. V., & Ocmín, J. S. (2025). Mejoramiento genético en el cultivo de café (*Coffea arabica L.*): Avances metodológicos y propuesta de aplicación utilizando métodos tradicionales y herramientas biotecnológicas. *Scientia Agropecuaria*, 16(3), 457-468. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2025.035>
- Carvajal Herrera, J. J., Aristizábal Torres, I. D., Oliveros Tascón, C. E., & Mejía Montoya, J. W. (2011). Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica L.*) Durante su Desarrollo y Maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6229-6240.
- Castillo Z., J., & Alvarado A., G. (1997). *Resistencia incompleta de genotipos de café a la Roya bajo condiciones de campo en la región central de Colombia*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4269>
- Cluster Panamá Group,S.A. (2024). *Circuito del café: ¿Qué hace único el café de Panamá?* (Cluster Panamá Group, S.A., Vol. 1). Autoridad de Turismo de Panamá. [https://circuitodelcafe.com/wp-content/uploads/2024/10/Manual-del-Cafe-de-Panama-Oficial\\_C.pdf](https://circuitodelcafe.com/wp-content/uploads/2024/10/Manual-del-Cafe-de-Panama-Oficial_C.pdf)

*Coffea arabica* L. | *Plants of the World Online* | *Kew Science*. (s. f.). Plants of the World Online. Recuperado 9 de septiembre de 2024, de <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:747038-1>

*Coffea arabica* L. in *GBIF Secretariat*. (2023). Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/species/2895345>

FAO. (2023). *Análisis prospectivo de oportunidades de desarrollo e inversión para la cadena de valor del café en Panamá*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc8715es>

Fernández, C. E. (1988). *PROMECAFE diez años de labores (1978-1988)*. Bib. Orton IICA / CATIE. <https://www.google.com.pa/books/edition/Cafe/Xhoij66xRXUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=roya+de+cafe+panama&printsec=frontcover>

Flórez, C. P., Ibarra Ruales, L. N., Gómez Gil, L. F., Carmona González, C. Y., Castaño Marín, Á., & Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Vol. 1, pp. 123-168). Cenicafé. [https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4321/1/cenbook-0026\\_08.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4321/1/cenbook-0026_08.pdf)

Galindo, J. J., Javed, Z. V., Perdomo, A., Quezada, J. R., Stover, R. H., & Urbina, N. (1987). *Plagas Y Enfermedades De Carácter Epidémico En Cultivo Frutales De La Región Centroamericana*. Bib. Orton IICA / CATIE. [https://www.google.com.pa/books/edition/Plagas\\_Y\\_Enfermedades\\_De\\_Car%C3%A1cter\\_Epid/Y3aoaqaiaaj?hl=es-419&gbpv=1&dq=Roya+De+Cafe+Centroamerica&Pg=PA17&Printsec=Frontcover](https://www.google.com.pa/books/edition/Plagas_Y_Enfermedades_De_Car%C3%A1cter_Epid/Y3aoaqaiaaj?hl=es-419&gbpv=1&dq=Roya+De+Cafe+Centroamerica&Pg=PA17&Printsec=Frontcover)

- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2025, febrero 7). *IDIAP IMPULSA TECNOLOGÍAS RESILIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ*.  
<http://www.idiap.gob.pa/idiap-impulsa-tecnologias-resilientes-para-la-produccion-de-cafe/>
- Londoño H., D., Oliveros T., C. E., & Moreno S., M. A. (2002). *Desarrollo de una herramienta manual para asistir la recolección de café en Colombia*.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/1018>
- López, L. F. A., Mora, J. M., Pinzón, A. V., Gartner, L. F. S., & Pardo, R. V. (2011). *La Roya del Cafeto en Colombia Impacto, manejo y costos del control* (Boletín Técnico No. 36; Programa de investigación científica). CENICAFÉ.
- López, J. M., Marín-Ramírez, G., Gaitán, A., & Carlos Ariel, Á. (2018). Diagrama de Área Estándar para la estimación visual de severidad de roya del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafe*, 498, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0498>
- Marín, S. M., Arcila-Pulgarín, J., Montoya-Restrepo, E. C., & Oliveros-Tascón, C. E. (2003). *Cambios físicos y químicos durante la maduración*. 54(3), 208-225.
- McCook, S. (2017). Environmental History of Coffee in Latin America. En S. McCook, *Oxford Research Encyclopedia of Latin American History*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199366439.013.440>
- MIDA. (2023). *Cierre-Agricola-2022-2023.pdf* (p. 67) [Informe gubernamental]. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2023/09/Cierre-Agricola-2022-2023.pdf?csrt=15143683244768685740>
- Miranda, E., Miranda, A., & Von Chong, K. (1990). *Taller Regional sobre Roya, Ojo de Gallo y otras Enfermedades del Cafeto*. IICA Biblioteca Venezuela.

[https://www.google.com.pa/books/edition/Taller\\_Regional\\_sobre\\_Roya\\_Ojo\\_de\\_Gallo/4WcqAAAAYAAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pa/books/edition/Taller_Regional_sobre_Roya_Ojo_de_Gallo/4WcqAAAAYAAJ?hl=es-419&gbpv=0)

Ramos G, P. J., Sanz U, J. R., & Oliveros T, C. E. (2010). IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FRUTOS DE CAFÉ EN TIEMPO REAL, A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE COLOR. *Cenicafé*, 61(4), 315-326.

Rayner, R. W., Agrícolas (IICA), I. I. de C., & Enseñanza (CATIE), C. T. de I. y. (1972). *Micología, historia y biología de la Roya del café*.  
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/8798>

Sáenz, N. (1892). *Memoria sobre el cultivo del café*. Imprenta de La Luz.  
[https://books.google.com.pa/books?hl=en&lr=&id=DWRDAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=cultivo+del+café+&ots=HqPnCSmsOl&sig=4ikD44edMvGD\\_xl7KRwl7g19J20&redir\\_esc=y#v=onepage&q=cultivo%20del%20café&f=false](https://books.google.com.pa/books?hl=en&lr=&id=DWRDAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=cultivo+del+café+&ots=HqPnCSmsOl&sig=4ikD44edMvGD_xl7KRwl7g19J20&redir_esc=y#v=onepage&q=cultivo%20del%20café&f=false)

SENASICA. (2016). *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome Ficha Técnica No. 40. *Dirección General de Sanidad vegetal, Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México*, 40, 23.

Vallejo, F. A., & Estrada, E. I. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83121>

Virginio Filho, E. de M., & Astorga Domian, C. (2021). *Estado del arte y manejo de los híbridos F1 (Coffea Arabica L.) del Programa de Mejoramiento Genético de PROMECAFE*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11022>

Vossen, H. (2018). *Developing varieties of Arabica coffee* (pp. 83-113).  
<https://doi.org/10.19103/AS.2017.0022.05>

Wintgens, J. N. (2004). The Coffee Plant. En *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 1-24). John Wiley & Sons, Ltd.  
<https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch1>

Yang, R.-C., & Baker, R. J. (1991). Genotype-Environment Interactions in Two Wheat Crosses. *Crop Science*, 31(1), crops1991.0011183X003100010021x.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100010021x>

# ANEXOS

## ANEXO 1. Formulario de Evaluación

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIETADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                        |            |   |        |                |        |        |
|---|------|------------------|------------------------|------------|---|--------|----------------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                        |            |   |        |                |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                        |            | FINCA EL RECUERDO                         |        | TOMA DE DATOS: |        |        |
| año 3   |      |                  |                        |            |   |        |                |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO               | Incidencia | EVALUACIÓN DE ROYA DEL CAFÉ               |        |                |        |        |
|   |      |                  |                        |            | Severidad (%) (Hojas enfermas) 2 BANDOLAS |        |                |        |        |
|   |      |                  |                        | %          | 1 ES                                      | 2EM    | 3 ES           | 4 EM   | 5 ES   |
|   |      |                  |                        |            | B1 -B2                                    | B1 -B2 | B1 -B2         | B1 -B2 | B1 -B2 |
| 1   | 101  | HIBRIDOS F1      | H3                     | 100        |   |        |                |        |        |
| 2   | 102  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA               | 60         |   |        |                |        |        |
| 3   | 103  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA             | 0          |   |        |                |        |        |
| 4   | 104  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                | 0          |   |        |                |        |        |
| 5   | 105  | HIBRIDOS F1      | EC-16                  | 0          |   |        |                |        |        |
| 6   | 106  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)A      | 0          |   |        |                |        |        |
| 7   | 107  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A. 1 Rojo | 0          |   |        |                |        |        |
| 8   | 108  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)             | 100        |   |        |                |        |        |
| 9   | 109  | SARCHIMOR        | 18135                  | 0          |   |        |                |        |        |
| 10  | 110  | SARCHIMOR        | PARAINEMA              | 0          |   |        |                |        |        |
| 11  | 111  | OTROS            | MM-125                 | 0          |   |        |                |        |        |
| 12  | 112  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)     | 0          |   |        |                |        |        |
| 13  | 113  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2           | 0          |   |        |                |        |        |
| 14  | 114  | L. BORBON        | SL-28 (3) Batian (2)   | 0          |   |        |                |        |        |
| 15  | 115  | L. BORBON        | CATURRA                | 100        |   |        |                |        |        |
| 16  | 116  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3             | 100        |   |        |                |        |        |
| 17  | 117  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4             | 25         |   |        |                |        |        |
| 18  | 118  | CATIMOR          | ORO AZTECA             | 80         |   |        |                |        |        |
| 19  | 119  | CATIMOR          | MP-547                 | 0          |   |        |                |        |        |
| 20  | 120  | CATIMOR          | LEMPIRA                | 75         |   |        |                |        |        |
| 21  | 121  | INTROGRES        | BATIAN (2) SL28 (3)    | 100        |   |        |                |        |        |
| 22  | 122  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2      | 80         |   |        |                |        |        |

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIETADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                      |            |   |        |                |        |        |
|---|------|------------------|----------------------|------------|---|--------|----------------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                      |            |   |        |                |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                      |            | FINCA EL RECUERDO                         |        | TOMA DE DATOS: |        |        |
| año 3   |      |                  |                      |            |   |        |                |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO             | Incidencia | EVALUACIÓN DE ROYA DEL CAFÉ               |        |                |        |        |
|   |      |                  |                      |            | Severidad (%) (Hojas enfermas) 2 BANDOLAS |        |                |        |        |
|   |      |                  |                      | %          | 1 ES                                      | 2EM    | 3 ES           | 4 EM   | 5 ES   |
|   |      |                  |                      |            | B1 -B2                                    | B1 -B2 | B1 -B2         | B1 -B2 | B1 -B2 |
| 1   | 222  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2    | 50         |   |        |                |        |        |
| 2   | 209  | SARCHIMOR        | 18135                | 50         |   |        |                |        |        |
| 3   | 210  | SARCHIMOR        | PARAINEMA            | 40         |   |        |                |        |        |
| 4   | 221  | INTROGRESAD      | BATIAN (1) SL-28 (4) | 80         |   |        |                |        |        |
| 5   | 201  | HIBRIDOS F1      | H3                   | 20         |   |        |                |        |        |
| 6   | 203  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA           | 100        |   |        |                |        |        |
| 7   | 205  | HIBRIDOS F1      | EC-16                | 0          |   |        |                |        |        |
| 8   | 204  | HIBRIDOS F1      | MILENIO              | 0          |   |        |                |        |        |
| 9   | 202  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA             | 100        |   |        |                |        |        |
| 10  | 219  | CATIMOR          | MP-547               | 0          |   |        |                |        |        |
| 11  | 218  | CATIMOR          | ORO AZTECA           | 20         |   |        |                |        |        |
| 12  | 220  | CATIMOR          | LEMPIRA              | 80         |   |        |                |        |        |
| 13  | 212  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)   | 0          |   |        |                |        |        |
| 14  | 213  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2         | 0          |   |        |                |        |        |
| 15  | 216  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3           | 100        |   |        |                |        |        |
| 16  | 217  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4           | 75         |   |        |                |        |        |
| 17  | 211  | OTROS            | MM-125               | 0          |   |        |                |        |        |
| 18  | 206  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)     | 0          |   |        |                |        |        |
| 19  | 208  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)           | 100        |   |        |                |        |        |
| 20  | 207  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A       | 20         |   |        |                |        |        |
| 21  | 214  | L. BORBON        | SL-28 (0)            | 0          |   |        |                |        |        |
| 22  | 215  | L. BORBON        | CATURRA (T)          | 80         |   |        |                |        |        |

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIETADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                   |            |   |        |                |        |        |
|---|------|------------------|-------------------|------------|---|--------|----------------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                   |            |   |        |                |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                   |            | FINCA EL RECUERDO                                     |        | TOMA DE DATOS: |        |        |
| año 3   |      |                  |                   |            |   |        |                |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO          | Incidencia | EVALUACIÓN DE ROYA DEL CAFÉ                           |        |                |        |        |
|   |      |                  |                   |            | (No. Arbol) Severidad (%) (Hojas enfermas) 2 BANDOLAS |        |                |        |        |
|   |      |                  |                   | %          | 1 ES  | 2EM    | 3 ES           | 4 EM   | 5 ES   |
|   |      |                  |                   |            | B1 -B2  | B1 -B2 | B1 -B2         | B1 -B2 | B1 -B2 |
| 1   | 311  | OTROS            | MM-125            | 0          |   |        |                |        |        |
| 2   | 305  | HIBRIDOS F1      | EC-16             | 0          |   |        |                |        |        |
| 3   | 304  | HIBRIDOS F1      | MILENIO           | 0          |   |        |                |        |        |
| 4   | 301  | HIBRIDOS F1      | H3                | 50         |   |        |                |        |        |
| 5   | 302  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA          | 80         |   |        |                |        |        |
| 6   | 303  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA        | 100        |   |        |                |        |        |
| 7   | 319  | CATIMOR          | MP-547            | 0          |   |        |                |        |        |
| 8   | 320  | CATIMOR          | LEMPIRA           | 0          |   |        |                |        |        |
| 9   | 318  | CATIMOR          | ORO AZTECA        | 40         |   |        |                |        |        |
| 10  | 309  | SARCHIMOR        | 18135             | 40         |   |        |                |        |        |
| 11  | 310  | SARCHIMOR        | PARAINEMA         | 0          |   |        |                |        |        |
| 12  | 321  | INTROGRES        | BATIAN            | 100        |   |        |                |        |        |
| 13  | 316  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3        | 100        |   |        |                |        |        |
| 14  | 317  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4        | 0          |   |        |                |        |        |
| 15  | 314  | L. BORBON        | SL-28             | 0          |   |        |                |        |        |
| 16  | 315  | L. BORBON        | CATURRA T         | 80         |   |        |                |        |        |
| 17  | 312  | CAVIMOR          | PARAISO           | 0          |   |        |                |        |        |
| 18  | 313  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2      | 0          |   |        |                |        |        |
| 19  | 308  | BORBON TÍP       | CATUAI T          | 100        |   |        |                |        |        |
| 20  | 306  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)  | 0          |   |        |                |        |        |
| 21  | 307  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A    | 0          |   |        |                |        |        |
| 22  | 322  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2 | 100        |   |        |                |        |        |

ES: ESTRATO SUPERIOR

EM: ESTRATO MEDIO

B1 -B2: BANDOLA 1 Y BANDOLA 2

ANEXO 2. Formato de  
Toma de datos de cosechas

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                        |                   |        |                         |        |        |        |
|---|------|------------------|------------------------|-------------------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                        |                   |        |                         |        |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                        | FINCA EL RECUERDO |        | TOMA DE DATOS: MES 2024 |        |        |        |
| año 3   |      |                  |                        |                   |        |                         |        |        |        |
| COSECHA DE CAFÉ   |      |                  |                        |                   |        |                         |        |        |        |
| PESO EN GRAMOS (Café Cereza)  |      |                  |                        |                   |        |                         |        |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO               | FECHA:            | FECHA: | FECHA:                  | FECHA: | FECHA: | FECHA: |
| 1   | 101  | HIBRIDOS F1      | H3                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 2   | 102  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA               |                   |        |                         |        |        |        |
| 3   | 103  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA             |                   |        |                         |        |        |        |
| 4   | 104  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                |                   |        |                         |        |        |        |
| 5   | 105  | HIBRIDOS F1      | EC-16                  |                   |        |                         |        |        |        |
| 6   | 106  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)       |                   |        |                         |        |        |        |
| 7   | 107  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A. 1 Rojo |                   |        |                         |        |        |        |
| 8   | 108  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)             |                   |        |                         |        |        |        |
| 9   | 109  | SARCHIMOR        | 18135                  |                   |        |                         |        |        |        |
| 10  | 110  | SARCHIMOR        | PARAINEMA              |                   |        |                         |        |        |        |
| 11  | 111  | OTROS            | MM-125                 |                   |        |                         |        |        |        |
| 12  | 112  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)     |                   |        |                         |        |        |        |
| 13  | 113  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2           |                   |        |                         |        |        |        |
| 14  | 114  | L. BORBON        | SL-28 (3) Batian (2)   |                   |        |                         |        |        |        |
| 15  | 115  | L. BORBON        | CATURRA                |                   |        |                         |        |        |        |
| 16  | 116  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3             |                   |        |                         |        |        |        |
| 17  | 117  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4             |                   |        |                         |        |        |        |
| 18  | 118  | CATIMOR          | ORO AZTECA             |                   |        |                         |        |        |        |
| 19  | 119  | CATIMOR          | MP-547                 |                   |        |                         |        |        |        |
| 20  | 120  | CATIMOR          | LEMPIRA                |                   |        |                         |        |        |        |
| 21  | 121  | INTROGRES        | BATIAN (2) SL28 (3)    |                   |        |                         |        |        |        |
| 22  | 122  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2      |                   |        |                         |        |        |        |
| 1   | 222  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2      |                   |        |                         |        |        |        |
| 2   | 209  | SARCHIMOR        | 18135                  |                   |        |                         |        |        |        |
| 3   | 210  | SARCHIMOR        | PARAINEMA              |                   |        |                         |        |        |        |
| 4   | 221  | INTROGRESAD      | BATIAN (1) SL-28 (4)   |                   |        |                         |        |        |        |
| 5   | 201  | HIBRIDOS F1      | H3                     |                   |        |                         |        |        |        |

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                                |                   |        |                         |        |        |        |
|---|------|------------------|--------------------------------|-------------------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                                |                   |        |                         |        |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                                | FINCA EL RECUERDO |        | TOMA DE DATOS: MES 2024 |        |        |        |
| año 3   |      |                  |                                |                   |        |                         |        |        |        |
| COSECHA DE CAFÉ   |      |                  |                                |                   |        |                         |        |        |        |
| PESO EN GRAMOS (Café Cereza)  |      |                  |                                |                   |        |                         |        |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO                       | FECHA:            | FECHA: | FECHA:                  | FECHA: | FECHA: | FECHA: |
| 6   | 203  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 7   | 205  | HIBRIDOS F1      | EC-16                          |                   |        |                         |        |        |        |
| 8   | 204  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                        |                   |        |                         |        |        |        |
| 9   | 202  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA                       |                   |        |                         |        |        |        |
| 10  | 219  | CATIMOR          | MP-547                         |                   |        |                         |        |        |        |
| 11  | 218  | CATIMOR          | ORO AZTECA                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 12  | 220  | CATIMOR          | LEMPIRA                        |                   |        |                         |        |        |        |
| 13  | 212  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)             |                   |        |                         |        |        |        |
| 14  | 213  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2                   |                   |        |                         |        |        |        |
| 15  | 216  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 16  | 217  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 17  | 211  | OTROS            | MM-125                         |                   |        |                         |        |        |        |
| 18  | 206  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)               |                   |        |                         |        |        |        |
| 19  | 208  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 20  | 207  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A                 |                   |        |                         |        |        |        |
| 21  | 214  | L. BORBON        | SL-28 (0) Batian (4) Catuai(1) |                   |        |                         |        |        |        |
| 22  | 215  | L. BORBON        | CATURRA (T)                    |                   |        |                         |        |        |        |
| 1   | 311  | OTROS            | MM-125                         |                   |        |                         |        |        |        |
| 2   | 305  | HIBRIDOS F1      | EC-16                          |                   |        |                         |        |        |        |
| 3   | 304  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                        |                   |        |                         |        |        |        |
| 4   | 301  | HIBRIDOS F1      | H3                             |                   |        |                         |        |        |        |
| 5   | 302  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA                       |                   |        |                         |        |        |        |
| 6   | 303  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 7   | 319  | CATIMOR          | MP-547                         |                   |        |                         |        |        |        |
| 8   | 320  | CATIMOR          | LEMPIRA                        |                   |        |                         |        |        |        |
| 9   | 318  | CATIMOR          | ORO AZTECA                     |                   |        |                         |        |        |        |
| 10  | 309  | SARCHIMOR        | 18135                          |                   |        |                         |        |        |        |

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                              |                   |        |                         |        |        |        |
|---|------|------------------|------------------------------|-------------------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                              |                   |        |                         |        |        |        |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                              | FINCA EL RECUERDO |        | TOMA DE DATOS: MES 2024 |        |        |        |
| año 3   |      |                  |                              |                   |        |                         |        |        |        |
| COSECHA DE CAFÉ   |      |                  |                              |                   |        |                         |        |        |        |
| PESO EN GRAMOS (Café Cereza)  |      |                  |                              |                   |        |                         |        |        |        |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO                     | FECHA:            | FECHA: | FECHA:                  | FECHA: | FECHA: | FECHA: |
| 11  | 310  | SARCHIMOR        | PARAINEMA                    |                   |        |                         |        |        |        |
| 12  | 321  | INTROGRES        | BATIAN (2) SL-28 (2)         |                   |        |                         |        |        |        |
| 13  | 316  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3                   |                   |        |                         |        |        |        |
| 14  | 317  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4                   |                   |        |                         |        |        |        |
| 15  | 314  | L. BORBON        | SL-28 (2) Batian (3)         |                   |        |                         |        |        |        |
| 16  | 315  | L. BORBON        | CATURRA T                    |                   |        |                         |        |        |        |
| 17  | 312  | CAVIMOR          | PARAISO (2) Amarillo (3)ROJO |                   |        |                         |        |        |        |
| 18  | 313  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2                 |                   |        |                         |        |        |        |
| 19  | 308  | BORBON TÍP       | CATUAI T (3) SL-28 (2)       |                   |        |                         |        |        |        |
| 20  | 306  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)             |                   |        |                         |        |        |        |
| 21  | 307  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A (3) Ro (2)    |                   |        |                         |        |        |        |
| 22  | 322  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2            |                   |        |                         |        |        |        |

Bloque 1 La numeración de 1 a 22 es de abajo hacia arriba, bloque 2, de arriba hacia abajo, y bloque 3, de abajo hacia arriba

ANEXO 3. Formato de toma de datos café pergamino

| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
|---|------|------------------|--------------------------------|-------------------|---|----------------|---|---|-------|
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                                | FINCA EL RECUERDO |   | TOMA DE DATOS: |   |   |       |
| año 3   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO                       | CAFÉ PERGAMINO    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | PESO EN GRAMOS    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | 1                 | 2 | 3              | 4 | 5 | TOTAL |
| 1   | 101  | HIBRIDOS F1      | H3                             |                   |   |                |   |   |       |
| 2   | 102  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA                       |                   |   |                |   |   |       |
| 3   | 103  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 4   | 104  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                        |                   |   |                |   |   |       |
| 5   | 105  | HIBRIDOS F1      | EC-16                          |                   |   |                |   |   |       |
| 6   | 106  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)A              |                   |   |                |   |   |       |
| 7   | 107  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A. 1 Rojo         |                   |   |                |   |   |       |
| 8   | 108  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)                     |                   |   |                |   |   |       |
| 9   | 109  | SARCHIMOR        | 18135                          |                   |   |                |   |   |       |
| 10  | 110  | SARCHIMOR        | PARAINEMA                      |                   |   |                |   |   |       |
| 11  | 111  | OTROS            | MM-125                         |                   |   |                |   |   |       |
| 12  | 112  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)             |                   |   |                |   |   |       |
| 13  | 113  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2                   |                   |   |                |   |   |       |
| 14  | 114  | L. BORBON        | SL-28 (3) Batian (2)           |                   |   |                |   |   |       |
| 15  | 115  | L. BORBON        | CATURRA                        |                   |   |                |   |   |       |
| 16  | 116  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3                     |                   |   |                |   |   |       |
| 17  | 117  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4                     |                   |   |                |   |   |       |
| 18  | 118  | CATIMOR          | ORO AZTECA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 19  | 119  | CATIMOR          | MP-547                         |                   |   |                |   |   |       |
| 20  | 120  | CATIMOR          | LEMPIRA                        |                   |   |                |   |   |       |
| 21  | 121  | INTROGRES        | BATIAN (2) SL28 (3)            |                   |   |                |   |   |       |
| 22  | 122  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2              |                   |   |                |   |   |       |
| 1   | 222  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2              |                   |   |                |   |   |       |
| 2   | 209  | SARCHIMOR        | 18135                          |                   |   |                |   |   |       |
| 3   | 210  | SARCHIMOR        | PARAINEMA                      |                   |   |                |   |   |       |
| 4   | 221  | INTROGRESAD      | BATIAN (1) SL-28 (4)           |                   |   |                |   |   |       |
| 5   | 201  | HIBRIDOS F1      | H3                             |                   |   |                |   |   |       |
| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                                | FINCA EL RECUERDO |   | TOMA DE DATOS: |   |   |       |
| año 3   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO                       | CAFÉ PERGAMINO    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | PESO EN GRAMOS    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | 1                 | 2 | 3              | 4 | 5 | TOTAL |
| 6   | 203  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 7   | 205  | HIBRIDOS F1      | EC-16                          |                   |   |                |   |   |       |
| 8   | 204  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                        |                   |   |                |   |   |       |
| 9   | 202  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA                       |                   |   |                |   |   |       |
| 10  | 219  | CATIMOR          | MP-547                         |                   |   |                |   |   |       |
| 11  | 218  | CATIMOR          | ORO AZTECA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 12  | 220  | CATIMOR          | LEMPIRA                        |                   |   |                |   |   |       |
| 13  | 212  | CAVIMOR          | PARAISO (AMARILLO)             |                   |   |                |   |   |       |
| 14  | 213  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2                   |                   |   |                |   |   |       |
| 15  | 216  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3                     |                   |   |                |   |   |       |
| 16  | 217  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4                     |                   |   |                |   |   |       |
| 17  | 211  | OTROS            | MM-125                         |                   |   |                |   |   |       |
| 18  | 206  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)               |                   |   |                |   |   |       |
| 19  | 208  | BORBON TÍP       | CATUAI (T)                     |                   |   |                |   |   |       |
| 20  | 207  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A                 |                   |   |                |   |   |       |
| 21  | 214  | L. BORBON        | SL-28 (0) Batian (4) Catuai(1) |                   |   |                |   |   |       |
| 22  | 215  | L. BORBON        | CATURRA (T)                    |                   |   |                |   |   |       |
| 1   | 311  | OTROS            | MM-125                         |                   |   |                |   |   |       |
| 2   | 305  | HIBRIDOS F1      | EC-16                          |                   |   |                |   |   |       |
| 3   | 304  | HIBRIDOS F1      | MILENIO                        |                   |   |                |   |   |       |
| 4   | 301  | HIBRIDOS F1      | H3                             |                   |   |                |   |   |       |
| 5   | 302  | HIBRIDOS F1      | CASIOPEA                       |                   |   |                |   |   |       |
| 6   | 303  | HIBRIDOS F1      | EXCELENCIA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 7   | 319  | CATIMOR          | MP-547                         |                   |   |                |   |   |       |
| 8   | 320  | CATIMOR          | LEMPIRA                        |                   |   |                |   |   |       |
| 9   | 318  | CATIMOR          | ORO AZTECA                     |                   |   |                |   |   |       |
| 10  | 309  | SARCHIMOR        | 18135                          |                   |   |                |   |   |       |
| PRUEBA GENOTIPO AMBIENTE DE 10 LINEAS AVANZADAS Y VARIEDADES DE Coffea arabica L. |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| DISTRITO DE BOQUETE, JARAMILLO ABAJO.   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| SIEMBRA: 4/08/2021  |      | ALTURA 1110 MSNM |                                | FINCA EL RECUERDO |   | TOMA DE DATOS: |   |   |       |
| año 3   |      |                  |                                |                   |   |                |   |   |       |
| No.   | BLOQ | GRUPO            | GENOTIPO                       | CAFÉ PERGAMINO    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | PESO EN GRAMOS    |   |                |   |   |       |
|   |      |                  |                                | 1                 | 2 | 3              | 4 | 5 | TOTAL |
| 11  | 310  | SARCHIMOR        | PARAINEMA                      |                   |   |                |   |   |       |
| 12  | 321  | INTROGRES        | BATIAN (2) SL-28 (2)           |                   |   |                |   |   |       |
| 13  | 316  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 3                     |                   |   |                |   |   |       |
| 14  | 317  | CATIM MULTIL     | COLOMBIA 4                     |                   |   |                |   |   |       |
| 15  | 314  | L. BORBON        | SL-28 (2) Batian (3)           |                   |   |                |   |   |       |
| 16  | 315  | L. BORBON        | CATURRA T                      |                   |   |                |   |   |       |
| 17  | 312  | CAVIMOR          | PARAISO (2) Amarillo (3) ROJO  |                   |   |                |   |   |       |
| 18  | 313  | CAVIMOR          | CATIGUA MG-2                   |                   |   |                |   |   |       |
| 19  | 308  | BORBON TÍP       | CATUAI T (3) SL-28 (2)         |                   |   |                |   |   |       |
| 20  | 306  | BORBON TÍP       | T-16778 (CATUAI)               |                   |   |                |   |   |       |
| 21  | 307  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A (3) Ro (2)      |                   |   |                |   |   |       |
| 22  | 322  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2              |                   |   |                |   |   |       |
| 21  | 307  | BORBON TÍP       | CATUAI Fruto A                 |                   |   |                |   |   |       |
| 22  | 322  | INTROGRES        | BATIAN VARIANTE 2              |                   |   |                |   |   |       |

ANEXO 4. Fermentación de café despulpado en recipientes plásticos, posterior al registro del peso de café cereza.



ANEXO 5. Matriz de datos empleada en SAS Studio para el análisis de la incidencia y severidad de roya y las variables de rendimiento (peso de cereza, café pergamino y café oro).

|    | BLOQ | GENOTIPO   | No. Plantas | CER- Ren T | F |
|----|------|------------|-------------|------------|---|
| 1  | 1    | H3         | 5           | 0.707      |   |
| 2  | 1    | CASIOPEA   | 5           | 0.707      |   |
| 3  | 1    | EXCELENCIA | 5           | 0.707      |   |
| 4  | 1    | MILENIO    | 5           | 7.187      |   |
| 5  | 1    | EC16       | 5           | 3.594      |   |
| 6  | 1    | T16778A    | 5           | 5.043      |   |
| 7  | 1    | CATUAIA    | 4           | 5.787      |   |
| 8  | 1    | CATUAIT    | 4           | 0.707      |   |
| 9  | 1    | CA18135    | 5           | 5.258      |   |
| 10 | 1    | PARAINEMA  | 5           | 6.254      |   |
| 11 | 1    | MM125      | 5           | 5.298      |   |
| 12 | 1    | PARAISO    | 5           | 3.220      |   |
| 13 | 1    | CATIGUAMG  | 4           | 2.845      |   |
| 14 | 1    | SL28       | 6           | 3.370      |   |
| 15 | 1    | CATURRAT   | 5           | 0.707      |   |
| 16 | 1    | COLOMBIA3  | 5           | 6.267      |   |
| 17 | 1    | COLOMBIA4  | 4           | 5.895      |   |
| 18 | 1    | ORO AZTEC  | 5           | 0.633      |   |
| 19 | 1    | MPS47      | 5           | 9.589      |   |
| 20 | 1    | LEMPIRA    | 4           | 1.743      |   |
| 21 | 1    | BATIAN     | 4           | 6.113      |   |
| 22 | 1    | BATIANV2   | 5           | 1.956      |   |