

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a crown and robes, holding a book. Above him is a cross. The seal is surrounded by a Latin inscription: "S. CAROLUS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COCHITENSIENSIS INTER".

**SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BASADOS EN
CARACTERES AGROMORFLÓGICOS, RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES EN
FINCA LAS FLORES, BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

GUATEMALA, JULIO 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BASADOS EN
CARACTERES AGROMORFLÓGICOS, RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES EN
FINCA LAS FLORES, BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

KARLA REBECA SOTO MUÑOZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

| | |
|----------------|---|
| DECANO: | Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez |
| VOCAL PRIMERO: | Dr. Ariel Abderramán Ortiz López |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing.Agr. MSc. Marino Barrientos García |
| VOCAL TERCERO: | Ing.Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano |
| VOCAL CUARTO: | Br. Lorena Carolina Flores Pineda |
| VOCAL QUINTO: | P. Agr. Josué Antonio Martínez Roque |
| SECRETARIO: | Ing.Agr. Carlos Roberto Echeverria Escobedo |

Guatemala, julio de 2012

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

“SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BASADOS EN CARACTERES AGROMORFOLÓGICOS, RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES EN FINCA LAS FLORES, BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.”

Presentado como requisito previo a optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo merezca su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

Karla Rebeca Soto Muñoz

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Todopoderoso y darme vida para culminar esta etapa

Mis padres: Por su apoyo y cariño incondicional

Mi hermana: Por su cariño, amistad y buenos deseos

Mis abuelos: Por sus consejos y confianza

Mis tíos: Por sus ánimos de seguir adelante

Mis primos: Por su entusiasmo y alegría

Mis amigos: Por su confianza y apoyo

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento al Dr. Edin Orozco, por su asesoría prestada en la realización de este trabajo; Ing. Agr. Ezequiel López, por la colaboración en procesamiento de datos del mismo.

Dejo un especial agradecimiento a las siguientes instituciones y/o dependencias:

- ANACAFE y su personal; por sus atenciones y facilidades en la realización de esta investigación.
- UNIVERSIDAD DE LAVRAS, BRASIL, por el aporte de genotipos promisorios de café e información necesaria para el establecimiento del estudio en Guatemala.

Tabla de contenido

| Índice | Página |
|---|---------------|
| Índice de cuadros..... | xi |
| Índice de figuras..... | xi |
| Índice de mapas..... | xi |
| Índice de tablas..... | xi |
| RESUMEN..... | XII |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 3 MARCO TEÓRICO | 4 |
| 3.1 Marco conceptual | 4 |
| 3.1.1 Historia y origen del café en Guatemala..... | 4 |
| 3.1.2 Importancia económica | 4 |
| 3.1.3 Botánica y morfología del café | 5 |
| 3.2 Ciclo de vida del café..... | 7 |
| 3.2.1 Fases fenológicas del café | 7 |
| 3.2.2 Especies y variedades de café en Guatemala | 8 |
| 3.2.3 Variedades de cafeto de mayor importancia cultivadas en Guatemala | 10 |
| 3.2.4 Densidades de siembra y rendimientos de café en Guatemala..... | 11 |
| 3.2.5 Comportamiento de la producción de café en Guatemala..... | 11 |
| 4 MANEJO DEL CULTIVO DEL CAFÉ..... | 12 |
| 4.1 Clima y suelos | 12 |
| 4.2 Límites térmicos para el cultivo de <i>Coffea arabica</i> | 12 |
| 4.3 Límites Hídricos para el cultivo de <i>Coffea arabica</i> | 12 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Sombra | 12 |
| 4.5 Fertilización | 13 |
| 4.5.1 Fertilización tradicional al suelo..... | 13 |
| 4.5.2 Elementos primarios..... | 13 |
| 4.5.3 Elementos secundarios | 13 |
| 4.5.4 Elementos menores..... | 13 |
| 4.5.5 Fertilización foliar..... | 14 |
| 4.5.6 Poda del café..... | 14 |
| 4.5.7 Malezas | 14 |
| 4.5.8 La cosecha | 15 |
| 4.5.9 Sistemas de recolección..... | 15 |
| 4.6 Plagas y enfermedades | 15 |
| 4.6.1 Plagas | 15 |
| 4.6.2 Enfermedades | 16 |
| 4.7 El mejoramiento genético del café en América Central | 18 |
| 4.7.1 Sistemas de reproducción de arábica | 18 |
| 4.8 Importancia de genotipos promisorios de café resistentes a roya | 18 |
| 4.8.1 Criterios de selección | 19 |
| 4.8.2 Reducción del porte de la planta | 20 |
| 4.9 Relación entre variedades de café | 20 |
| 4.10 Caracterización de genotipos..... | 20 |
| 4.11 Definición de descriptor..... | 21 |
| 4.11.1 Agrupamiento de los descriptores..... | 21 |
| 4.11.2 Estados del descriptor | 22 |
| 4.12 Taxonomía numérica | 22 |
| 4.12.1 Origen | 22 |
| 4.12.2 Definición de taxonomía numérica..... | 22 |
| 4.12.3 Análisis de agrupamientos..... | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.12.4 | Representación del análisis de agrupamientos..... | 23 |
| 5 | MARCO REFERENCIAL | 24 |
| 5.1 | Departamento de Santa Rosa | 24 |
| 5.1.1 | Clima | 25 |
| 5.1.2 | Recursos Naturales | 25 |
| 5.1.3 | Hidrografía..... | 27 |
| 6 | ECONOMÍA | 27 |
| 6.1 | Producción de café | 27 |
| 6.2 | Finca las Flores | 27 |
| 6.3 | Antecedentes de la siembra y desarrollo de los genotipos de café por caracterizar | 27 |
| 7 | OBJETIVOS | 31 |
| 7.1 | Objetivo General..... | 31 |
| 7.2 | Objetivos específicos..... | 31 |
| 8 | MATERIALES Y MÉTODOS | 32 |
| 8.1 | Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a plagas y enfermedades..... | 32 |
| 8.2 | Caracterización morfológica de 50 genotipos promisorios de café..... | 33 |
| 8.3 | Descriptor de caracterización morfológica de café según IPGRI (1996), modificado para fines de esta investigación. | 33 |
| 8.3.1 | Descriptor de la planta..... | 33 |
| 8.3.2 | Descriptor del arbusto | 33 |
| 8.4 | Altura de la planta..... | 34 |
| 8.4.1 | Arquitectura de la planta..... | 34 |
| 8.5 | Vigor de la planta..... | 34 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8.6 | Forma de la estipula | 34 |
| 8.7 | Color de la hoja joven..... | 35 |
| 8.7.1 | Forma de la hoja..... | 35 |
| 8.7.2 | Forma del ápice de la hoja | 35 |
| 8.7.3 | Longitud de la hoja (cm) | 36 |
| 8.7.4 | Ancho de la hoja (cm)..... | 36 |
| 8.7.5 | Longitud del pecíolo (cm) | 36 |
| 8.7.6 | Color del pecíolo..... | 36 |
| 8.8 | Inflorescencia y floración | 36 |
| 8.8.1 | Posición de la Inflorescencia | 36 |
| 8.9 | Fruto | 36 |
| 8.9.1 | Color del fruto | 36 |
| 8.9.2 | Forma del fruto | 37 |
| 8.9.3 | Forma del disco del fruto | 37 |
| 8.9.4 | Longitud del fruto (mm) | 37 |
| 8.9.5 | Ancho del fruto (mm) | 37 |
| 8.9.6 | Diámetro del fruto (mm)..... | 37 |
| 8.10 | Semilla | 37 |
| 8.10.1 | Color de la semilla | 37 |
| 8.10.2 | Forma de la semilla..... | 37 |
| 8.10.3 | Presencia de granos deformes | 38 |
| 8.10.4 | Longitud de la semilla (mm) | 38 |
| 8.10.5 | Ancho de semilla (mm) | 38 |
| 8.10.6 | Diámetro de semilla (mm)..... | 38 |
| 8.11 | Plagas y enfermedades | 38 |
| 8.11.1 | Plagas:..... | 38 |
| 8.11.2 | Enfermedades..... | 38 |
| 8.12 | Características de rendimiento de café..... | 38 |
| 8.12.1 | Características de grano | 38 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8.13 | Características organolépticas | 39 |
| 8.14 | Determinación del rendimiento de los 50 genotipos de café | 40 |
| 8.15 | Análisis de características organolépticas del grano de café | 41 |
| 9 | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 42 |
| 9.1 | Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a plagas y enfermedades..... | 42 |
| 9.1.1 | Caracterización morfológica de 50 genotipos promisorios de café..... | 42 |
| 9.1.2 | Análisis de rendimiento | 43 |
| 9.1.3 | Características Organolépticas y de grano..... | 43 |
| 10 | RESULTADOS..... | 44 |
| 10.1 | Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a las plagas y enfermedades más importantes en la finca las Flores, Santa Rosa..... | 44 |
| 10.1.1 | Incidencia de cercospora amarilla..... | 44 |
| 10.1.2 | Incidencia cercospora negra | 45 |
| 10.1.3 | Incidencia antracnosis | 46 |
| 10.1.4 | Incidencia de roya | 47 |
| 10.1.5 | Incidencia minador | 49 |
| 10.2 | Caracterización morfológica y agronómica de 50 genotipos de café en finca las Flores, Santa Rosa..... | 51 |
| 10.3 | Grupos fenotípicos dentro de los genotipos promisorios de café en finca las Flores, Santa Rosa..... | 53 |
| 10.4 | Descripción de los dendogramas de genotipos promisorios de café | 56 |
| 10.4.1 | Descripción de las características para cada grupo del dendograma..... | 58 |
| 1.1 | Asociación de las variables cuantitativas..... | 59 |
| 10.5 | Rendimiento en pergamino m ² de 50 genotipos promisorios de café bajo las características edafoclimáticas de Santa Rosa en el segundo año de establecido en el campo..... | 61 |

| | | |
|------|---|----|
| 10.6 | Características organolépticas deseables para los genotipos promisorios seleccionados de café..... | 62 |
| 11 | CONCLUSIONES | 66 |
| 12 | RECOMENDACIONES | 67 |
| 13 | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL ENSAYO DE CAFÉ, BARBERENA, SANTA ROSA, 2009-2010..... | 68 |
| 14 | BIBLIOGRAFÍA | 69 |
| | ANEXOS..... | 73 |
| | Círculo de colores de la escala Munsell utilizada para caracterización de características agromorfológicas de genotipos de café caracterizados..... | 73 |
| | Curva de la roya del café ocasionada por <i>Hemileia vastatrix</i> en el área de Barberena, Santa Rosa, 2007..... | 74 |
| | Informe de resultados de laboratorio de análisis de suelos de La finca donde se realizó la evaluación..... | 75 |
| | Análisis de suelos (texturas) de suelos de finca Las Flores, Santa Rosa; por el laboratorio de ANACAFÉ; ANALAB..... | 76 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Lectura de enfermedades en el almácigo, previo trasplante definitivo..... | 29 |
| Tabla 2 Escala utilizada en la evaluación de características organolépticas..... | 41 |

Índice mapa

| | |
|---|----|
| Mapa 1 Mapa de Barberena, Santa Rosa, señalando la ubicación de Finca Las Flores, lugar donde se estableció el ensayo de los genotipos promisorios de café..... | 24 |
|---|----|

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Secuencia de actividades efectuadas en el ensayo de genotipos de café en finca Las Flores, en cafetos de segundo año..... | 50 |
| Figura 2 Secuencia de variables tomadas en el ensayo de genotipos de café utilizadas para descriptor en finca Las Flores, cafetos de segundo año..... | 55 |
| Figura 3 Dendograma de clasificación fenotípica de 50 genotipos promisorios de café y la variedad caturra en finca las Flores, Santa Rosa (método de Pearson, distancia euclídea media) con datos provenientes de cafetos de segundo y tercer año de siembra. | 57 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1 Variedades según el área cultivada Guatemala..... | 13 |
| Cuadro 2 Rendimientos de café en fincas en millones de sacos..... | 13 |
| Cuadro 3. Diferencia entre variedades más comunes en el mercado en Guatemala..... | 23 |
| Cuadro 4 Producción anual de café en el departamento de Santa Rosa en kilogramos oro..... | 30 |
| Cuadro 5. Lista de genotipos de café que fueron caracterizados y su genética finca Las Flores, Barberena, Santa Rosa..... | 31 |
| Cuadro 6 Características cuantitativas utilizadas en la selección de genotipos promisorios de café en Finca Las Flores, Santa Rosa..... | 47 |
| Cuadro 7 Estadísticos descriptivos para las características cuantitativas utilizadas para selección de 50 genotipos de café en finca las Flores, Barberena, Santa Rosa..... | 57 |
| Cuadro 8 División de grupos de genotipos promisorios de café finca las Flores, Santa Rosa..... | 60 |
| Cuadro 10 Descripción de las variables utilizadas en la Matriz de Correlación..... | 64 |

SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BASADOS EN CARACTERES AGROMORFLÓGICOS, RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES EN FINCA LAS FLORES, BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.

SELECTING PROMISING GENOTYPE OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) BASED ON AGROMORPHOLOGICAL CHARACTERS, RESISTANCE TO PESTS AND DISEASES AT FINCA LAS FLORES, BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El cultivo del café constituye una importante actividad económica en Guatemala y contribuye al desarrollo socioeconómico del país. Según la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) las variedades de café cultivadas en Guatemala en orden de importancia son: Bourbon, Caturra, Catuai y Pache Colis. Éstas variedades tienen problemas de plagas, enfermedades y disminuyen el rendimiento. Por ello, es importante evaluar nuevos genotipos con resistencia a plagas y enfermedades más importantes para el café en Guatemala. En la presente investigación se realizó la caracterización agromorfológica de 50 genotipos de café mejorados en Brasil, con alto potencial de rendimiento y con resistencia a plagas y enfermedades. Fueron establecidos en un ensayo sin diseño experimental en Barberena, Santa Rosa, en donde se hizo el estudio.

La caracterización agromorfológica de 50 genotipos promisorios de café se realizó auxiliándose del descriptor de café adaptado a las condiciones de finca Las Flores, Santa Rosa (IPGRI, 1996). Con esto se conoció la variabilidad genética de los cafetos en estudio de acuerdo a las variables que se tomaron en el campo. Como testigo local se utilizó la variedad Caturra. En el análisis de la información se utilizó el software XLSTAT, EXCEL (2007), agrupando 22 variables de caracteres del tallo, hojas, flores y frutos. El método estadístico utilizado fue agrupamiento por conglomerados, coeficiente de Pearson y distancia euclédea al medio. La selección de los mejores genotipos promisorios se realizó en dos fases, fase de campo y fase de gabinete. La fase de campo con un grupo de expertos conocedores en temas de agronomía, fitomejoramiento y fitopatología, dónde se tomó como base el fenotipo y caracteres cualitativos como vigor, arquitectura de planta, color de fruto, rendimiento, plagas y enfermedades. La fase de gabinete se realizó con caracteres cuantitativos como: altura de planta, diámetro de tronco, área foliar, entre otros. Con estos datos se realizó un dendograma con 10 grupos fenotípicos.

Los 10 genotipos promisorios de café seleccionados, basados en buenos caracteres agromorfológicos y de resistencia a plagas y enfermedades, estos fueron: **híbrido 6** cruce 15-II-5 cv. 4; **híbrido 7**, cruce 6-IV-5 cv. 9, **híbrido 13** cruce CIA-1-41-19 cv.3, **híbrido 14** cruce CIA-31-6-16- cv.8; **híbrido 31** cruce H-140-3-41 cv.8; **híbrido 36** cruce H-145-17-17 cv.2, **híbrido 41** cruce CIA 1-41-23 cv.73; **híbrido 44** cruce CIA 1-41-23 cv.5; **la mezcla de líneas 46** compuesta de CIA mezcla de línea cultivar 178 y **la mezcla de líneas 49** CIA mezcla de línea cultivar 69.

La selección de los genotipos promisorios de café resistentes a plagas y enfermedades se cuantificó intensidad de la enfermedad e incidencia de plagas en diferentes épocas del año, durante noviembre 2009 a diciembre 2011, en las condiciones ambientales de Barberena, Santa Rosa. En cuanto a enfermedades, se determinó susceptibilidad a roya, en los genotipos: 6, 31 y 36 que provienen de cruces de Catuaí 62 y 99; con 30% de incidencia y severidad valor 3 de acuerdo a la escala utilizada. En el caso de cercospora amarilla y negra, se cuantificó 20% como valor máximo de incidencia y valores bajos de severidad. Para antracnosis, valor máximo de incidencia fue 20% y mínimo de 10%. En el caso de plagas, se presentó problema de minador con incidencia de 20%.

El rendimiento promedio de los genotipos de café durante las dos primeras cosechas después de siembra, períodos de producción 2009-2011, fue de 1954.66 kg/ha. Los genotipos con mayor rendimiento fueron los identificados con los números: 14, 31, 46 y 49 con 2348.49 kg/ha, el menor rendimiento fue de 768.14 kg/ha que pertenece a los genotipos segregantes identificados con los números: 5a, 5b, 17a, 17b, 21a, 21b, 23a, 23b, 26a, 26b, 29a, 29b, 34a, 34b, 35a, 37b, 40a y 40b. El rendimiento del testigo variedad Caturra fue de 920.35 kg/ha. Los genotipos promisorios de café seleccionados en esta investigación se ubicaron en 6 grupos fenotípicos. La calidad de bebida de los genotipos seleccionados, se reportó calidad tipo semidura y taza áspera para los identificados con los números: 13, 14 23a y 23b; el 50% restante, tipo duro con taza amarga y pertenecen a los genotipos de café identificados con los números: 41, 43, 44 y 49.

1 INTRODUCCIÓN

El café pertenece a la familia Rubiaceae, es un arbusto siempre verde originario de Etiopía. En Guatemala, el café desempeña papel importante en la economía agrícola y en la dinámica del empleo en varias regiones del país. El café en Guatemala se exporta desde 1859 y ha constituido en el principal cultivo del país, por el valor de la producción y exportaciones.

En Guatemala el café está sembrado en 262,500 hectáreas. Según información de ANACAFE, están registradas 7 variedades, los más representativos son con 25% Caturra, 25% Catuai y 30% Bourbon del área productora del país. Hasta el momento, son las mejores variedades ya que presentan las características deseables en calidad de grano y características organolépticas que exige el mercado para su exportación.

Las variedades antes mencionadas, presentan problemas por falta de resistencia a plagas y enfermedades. Uno de los problemas más importantes para los agricultores en el área en estudio en Santa Rosa. La enfermedad más importante para la región es el mal de viñas y todas las variedades establecidas son susceptibles al mal de viñas y a otras como roya del café que desde el 2008 ha sido considerada la enfermedad más importante en café en Guatemala y el problema se agudizó en 2010.

Debido a la susceptibilidad a plagas y enfermedades en Guatemala, se realizó un primer estudio para establecer el comportamiento de 51 genotipos de café mejorados en Minas Gerais, Brasil (Cuadro 5) resistentes a plagas y enfermedades y con potencial de rendimiento. Así mismo, se evaluó la incidencia y severidad para las enfermedades presentes en Brasil y Guatemala; estudio que se realizó de manera simultánea bajo las diferentes condiciones ambientales y modos de producción respectivamente.

El presente estudio, contempló la caracterización agromorfológica y selección de 51 genotipos de café y resistencia a plagas y enfermedades, principalmente a roya del café ocasionados por *Hemileia vastatrix* y al mal de viñas que involucra varios factores de estrés, sin olvidar la calidad de bebida. La variedad Caturra fue la que se utilizó para el testigo de la evaluación. Se establecieron en la Finca Las Flores- ANACAFE en Santa Rosa, en el año 2007. Dado que en Guatemala no se realiza mejoramiento genético de café, se recurre a la introducción de genotipos de café de otros países y se evalúan o adaptan a las condiciones de Guatemala. En algunos casos, se realizan selecciones individuales de plantas con fenotipo diferente en plantaciones comerciales en Guatemala y han sido incrementadas, tal es el caso de la variedad Pache. Se utilizó un descriptor para caracterizar la morfología y tomar la mayoría de datos de interés que se

necesarios. En el análisis de datos, se realizó análisis de conglomerados para asociar semejanzas entre características morfológicas comparado a la variedad comercial en Guatemala utilizada como testigo. De los resultados de la investigación, se tiene una colección de 51 genotipos de café caracterizados y de estos fueron seleccionados 10 como promisorios debido a sus buenas características agromorfológicas, adecuados para las condiciones de Guatemala, buen rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades. Esta investigación, es parte de un proyecto de investigación de la Asociación Nacional del Café, ANCAFE.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país productor de café desde hace aproximadamente 200 años siendo introducido en el año 1773 y por ello cuenta con algunas variedades que se encuentran establecidas en siete regiones según la información registrada por ANCAFE. Actualmente se siembran, siete variedades de café: Bourbon, Caturra, Catuaí, Pache Colis, Mundo Novo y Typica de las cuales prevalecen, Bourbon, Caturra y Catuaí. Estas variedades presentan susceptibilidad a plagas y enfermedades, son considerados materiales de café discontinuados en Brasil y existen nuevos genotipos con mejor potencial de rendimiento.

Las variedades de café utilizado en Guatemala son producto de mejoramiento genético realizado en otros países principalmente Brasil. Algunas han sido seleccionadas a partir de plantaciones comerciales. Se consideran o son catalogados como materiales antiguos y se observa que presentan problema de ataque de plagas y enfermedades principalmente en el área de Santa Rosa donde predomina el mal de Viñas. En Guatemala, para 2008-2010, se agudiza el problema de enfermedades principalmente roya del café y las variedades comerciales de los agricultores en general son susceptibles y el número de variedades existentes es limitado. También, algunas de las variedades establecidas ya son muy antiguas (Bourbon, Caturra).

Existen diversas plagas y enfermedades que afectan a las variedades mencionadas en el departamento de Santa Rosa. En relación a las plagas se mencionan: minador del cafeto (*Perileucoptera coffeella*), masticador, broca del café (*Hypothenemus hampei*) y *Planococcus* spp. Las enfermedades que presentan problema en esta área de estudio son: cercospora amarilla y cercospora negra del cafeto ocasionado por *Cercospora* spp., antracnosis ocasionado por *Colletotrichum gloeosporioides*, roya del cafeto ocasionado por *Hemileia vastatrix*, mancha de phoma ocasionado por *Phoma* sp., y mal de Viñas ocasionado por varios factores bióticos y

abióticos, principal problema relatado en Santa Rosa desde 1924 (ANACAFE, 1989). Todos estos problemas pueden ser superados a través de la introducción de resistencia genética del café.

Así, en esta investigación se caracterizaron 50 genotipos de café que fueron mejorados en Brasil y adaptados a las condiciones del departamento de Santa Rosa. El estudio es importante pues estuvo orientado a selección de genotipos de café resistentes a plagas, enfermedades, con potencial de rendimiento y que se adapten a las necesidades de los agricultores de Guatemala.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Historia y origen del café en Guatemala

El cafeto (*Coffea arabica*) es originario de Etiopia de la región que circunda el lago Tana, África. En Guatemala los padres Jesuitas introdujeron el cafeto en 1760, quienes lo trajeron como planta ornamental para sus jardines de Antigua Guatemala. El primer registro del cafeto en plantación data de 1800 como un cultivo en las orillas de la Ciudad de Guatemala sembrado por Don Juan Rubio y Gemir. En 1835, se da el decreto de octubre; “Se darán doscientos pesos al primer agricultor que coseche cien quintales de café así como al segundo tercero y cuarto”.

A partir de 1860, surgen las fincas más grandes dedicadas al cultivo del cafeto en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango, donde cobra particular renombre el café de Costa Cuca. En 1865, el café de Guatemala se hace presentar en la Exhibición Internacional de París. En 1871 el cultivo del cafeto era un negocio lucrativo se constituyó en el región principal de la economía de la nación y pasó a ocupar el primer lugar entre los artículos de exportación (ANACAFE, 1988).

3.1.2 Importancia económica

Las exportaciones del país durante la temporada 2006/2007 aumentaron en un 12%, en comparación a la temporada 2005/2006. En total, se vendieron en el mercado internacional 4.8 millones de quintales de café oro.

El ingreso de divisas por concepto de exportaciones de café registró su nivel más alto en siete años. Durante la temporada 2006/2007 se captaron \$ 94 millones adicionales ó 20 % arriba de los ingresos percibidos la temporada anterior. Durante el período 2005/2007, ANACAFE continuó fortaleciendo la caficultura, con el propósito de que los productores guatemaltecos contaran con las herramientas para producir más y mejor café. La especie más importante de café es *Coffea arabica* la cual constituye aproximadamente el 80-90% de la producción mundial, dentro de esto Guatemala tiene el quinto lugar (ANACAFE, 2009).

Para el año cafetalero 2009 ANACAFÉ reporta que los productores guatemaltecos exportaron 4.5 millones de quintales de café oro (de 45 kilos cada uno), un 10.7% menos con relación a los 4.99 millones de sacos exportados en el año cafetalero 2007-2008, lo cual significó reducción del 14.4 por ciento. Las exportaciones e ingresos cayeron durante este período porque la producción del

grano fue menor a la del año anterior “debido a la bianualidad de las plantaciones” (ANACAFE, 2009).

En el período cafetalero del 2010, ANACAFÉ señala que como consecuencia de las condiciones climáticas que afectaron al territorio nacional, las exportaciones de café disminuyeron en ese año en uno por ciento (ANACAFÉ, 2010). En el gráfico 1, se presenta una historia de las exportaciones de café en los últimos años.

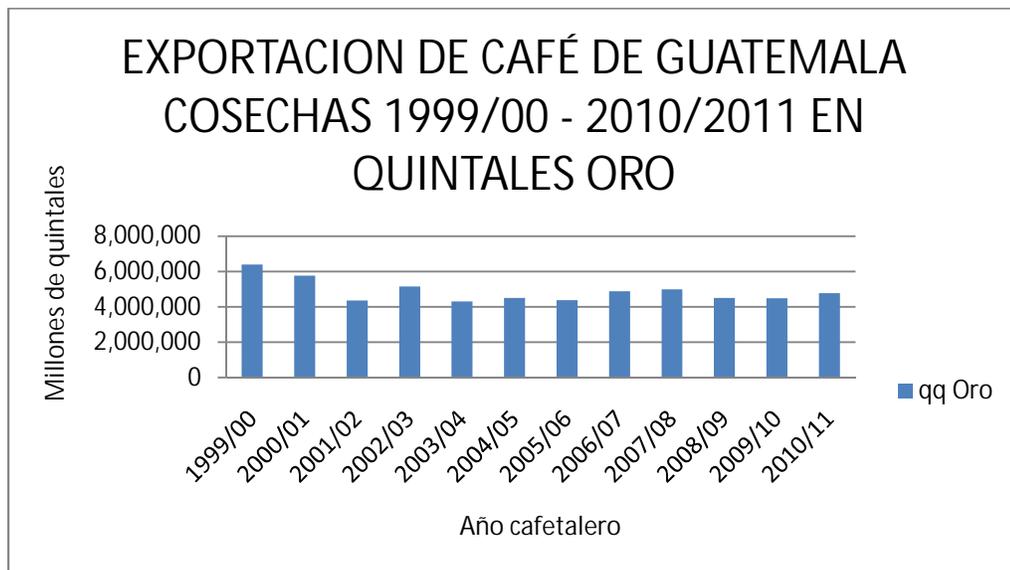


Gráfico 1 Exportación de café de Guatemala cosechas 1999/2000–2010/2011.

Fuente: ANACAFE, 2010.

3.1.3 Botánica y morfología del café

3.1.3.1 Raíz

La raíz desempeña funciones de anclaje de la planta y de explorar el suelo, obtiene el agua y nutrientes de origen mineral y algunos de origen orgánico. Almacena reservas en forma de almidón y azúcares solubles. Las raíces dependen de las hojas para obtener alimentos derivados de proceso de la fotosíntesis y de hormonas para poder crecer y desarrollarse. En cambio los órganos aéreos dependen de las raíces para obtener agua, aminos ácidos y elementos minerales contenidos en el suelo naturalmente o proveídos a través de fertilizantes orgánicos, y/o inorgánicos. Entre las estructuras importantes de las raíces también están los pelos radicales los que debido a su alto número y tamaño pequeño le permiten a la planta explorar la rizósfera del suelo (ANACAFE, 1988; Jones, 1987).

3.1.3.2 Tallo y hojas

Entre las estructuras morfológicas importantes del tallo y ramas se encuentran las yemas. Contienen meristemas que dan origen al tallo, ramas, “chupones” e inflorescencias. Inicialmente las yemas están indiferenciadas pero conforme la planta de café crece éstas cambian de forma al diferenciarse en ramas o inflorescencias según la clase de estímulos externos a la planta (ANACAFE, 1988; Jones, 1987).

La formación de todas las hojas opuestas se inicia en el ápice del tallo y las ramas. Desde el punto de vista funcional, en estas se desarrolla la producción de muchos de los alimentos y hormonas con las cuales la planta crece, se desarrolla y fructifica. Las hojas sirven de vehículo para absorber el anhídrido carbónico atmosférico y la energía radiante del sol así como la pérdida de agua en forma de vapor a través de estomas (ANACAFE, 1988; Jones, 1987).

3.1.3.3 Flor

Flores bisexuales, actinomorfas rara vez, zigomorfas. Las yemas florales están distribuidas en forma axilar en las ramas laterales a nivel de la base de las hojas en cada nudo y en variedades altamente productivas pueden encontrarse de 40 a 45 flores por nudo, queda al final 15 a 20 frutos por nudo. Las yemas son de naturaleza vegetativa y por estímulos de días cortos entre los meses de octubre a diciembre se transforman paulatinamente en yemas reproductivas o florales. Los botones crecen lentamente unos meses hasta alcanzar el tamaño de 5 a 8 mm y detienen su crecimiento iniciando un período de reposo que puede durar semanas. Las flores individuales son completas hermafroditas y auto fértiles, los cafetos de todas las variedades de *Coffea arabica* tienen un alto porcentaje de autofecundación con una polinización cruzada baja (ANACAFE, 1988; Sánchez, 1990; Jones, 1987).

3.1.3.4 Fruto

El fruto del café es una drupa, cápsula o baya. En el tercer y medio mes de la floración, en el fruto se forma el pergamino y se lignifica definiéndose el tamaño que tendrá el grano. Déficit hídrico en este período puede provocar secamiento y purga de frutos tiernos. El fruto ha consumido nitrógeno (80%) fósforo (85%) y potasio (71%). Inicia llenado del grano y formación de la semilla, el grano se endurece se forma el mucílago y el fruto alcanza su madurez fisiológica como fruto sazón. Llega a

madurez caracterizado por el color de la cáscara, después de 8 a 9 meses de la floración y está listo para corte (ANACAFE, 1988; Jones 1987).

3.1.3.5 Semilla

La mayor parte de la semilla la forma el endospermo que es de consistencia dura y color verdoso. El embrión que formara la futura planta se localiza dentro de la semilla a nivel de la base con la apariencia de una pequeña paleta, alrededor de la semilla se encuentra la película plateada que es visible cuando se seca y luego el pergamino. Para el desarrollo del embrión es necesaria la madurez de la semilla, condiciones favorables de humedad y temperatura (ANACAFE, 1988; Jones, 1987).

3.1.3.6 Propagación

El café se propaga en gran escala por medio de plantas obtenidas de semilla, o vegetativamente, por medio de injertos o estacas. Para el caso de la utilización de semillas, para *C. arabica* el almacenamiento debe ser bajo aire seco de a temperaturas de 10°C con humedad de 10-11% (ANACAFE, 2006). El vivero se sitúa en el mejor terreno disponible. Se utiliza tierra de buena calidad para minimizar las enfermedades. Los almácigos deben estar bajo sombra ligera. Dentro del vivero se disponen hileras espaciadas 15 cm, a lo largo de los surcos. El material de siembra se selecciona cuidadosamente en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones locales, su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan altura de 15 a 20 cm, alrededor de seis a ocho meses después de la siembra, las plántulas están listas para su trasplante (ANACAFE, 2006).

3.2 Ciclo de vida del café

3.2.1 Fases fenológicas del café

Según Chalfoun (1997), el café arábica (*C. arabica*) presenta cuatro fases fenológicas distintas en el año: granación y abotonamiento, maduración y abotonamiento, dormencia y floración, expansión.

La planta del café realiza dos procesos concurrentes; uno de fructificación al año y el otro de formación de rama nueva en el año siguiente (Chalfoun, 1997).

3.2.2 Especies y variedades de café en Guatemala

Según ANACAFE (1991), en Guatemala se cultivan variedades de la especie *Coffea arabica*. Es la más difundida en el mundo con 70%-75% de la producción mundial. Otra especie es *Coffea canephora*, con Robusta, como la variedad más importante. En general la especie robusta a mostrado resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades (nematodos, roya), para Guatemala esta variedad representa únicamente un 0.1% del café exportado. Según observaciones de campo, en San Marcos y Santa Rosa, en algunas fincas, se está utilizando *Coffea liberica* como patrón de *C. arabica*. Entre las principales variedades comerciales en Guatemala están las siguientes:

C. typica: tiene la importancia histórica de ser base del desarrollo de la caficultura en Guatemala y en América tropical. En el campo se conoce como Arábigo o café Arábigo. Es un arbusto de porte alto (3.5 – 4 m), ramas laterales abundantes dispuestas en ángulo de 50-70 grados, forma ligeramente inclinada. Los brotes son de color bronceado. Typica es de baja producción y tiene acentuado comportamiento bianual en su producción (ANACAFE, 2002).

C. robusta: arbusto grande y vigoroso rebasando los 4 m de altura. Ramas laterales largas y entrenudos largos. Fruto pequeño casi esférico agrupándose en nudos apretados de 15-25 frutos, la pulpa es bastante delgada. (ANACAFE, 2002).

Typica: tiene importancia histórica para Guatemala y muchos países de América Tropical donde predominó su cultivo desde sus inicios hasta la década de los años cuarenta. En Guatemala, a raíz de los primeros resultados de las investigaciones hechas en Chocolá en los años cuarenta, inició a ser sustituido por el Bourbon, de mejor comportamiento adapta bien a altitudes de 940 a 1,430 metros (ANACAFE; 1991; ANACAFE, 2004) Aún así, desde 1987, ha contribuido aproximadamente en 100% de la producción total del país. Por muchos años se le llamó erróneamente “arábiga” o “café arábigo”. Los cafetales de Typica llegaron a alcanzar alto grado de uniformidad. Su origen, condiciones genéticas y las características externas que se toman en cuenta, han dado lugar a controversias entre los estudiosos de la sistemática del cafeto. El cafeto Typica tiene una silueta de forma cónica. Es un arbusto de “porte alto”, mide de 3.5 a 4 m de altura; tronco vertical único en la mayoría de los casos, ramas secundarias que nacen de los nudos. Las ramas laterales son abundantes, forman ángulos entre 50 y 70 grados con el eje central vertical; ésta abertura les da una forma ligeramente inclinada. Las hojas son oblongas,

elípticas con la base y el ápice agudo, de textura lisa fina; los brotes u hojas nuevas terminales son de color bronceado (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Bourbón: su producción es de 20 a 30 por ciento mayor que la de *Typica*, por lo que dicha variedad fue sustituyéndose paulatinamente por el Bourbón. Su silueta es de forma ligeramente cónica menos acentuada que *Typica*. Es un arbusto de porte alto con ramas secundarias más abundantes que el de *Typica*; las ramas laterales tienen un ángulo más cerrado con entrenudos cortos. Los brotes son de color verde, la hoja es más ancha que la de *Typica* y sus bordes son más ondulados, el fruto es de menor tamaño y un poco más corto. Se adapta a regiones con altitud hasta de 1,676 metros (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Catuaí: es el resultado del cruce artificial de las variedades *Mundo Novo* y *Caturra* realizado en Brasil. Las primeras introducciones a Guatemala se hicieron alrededor de 1,970. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas. Se adapta bien en de altitud de 609 m a 1,371 m en la Boca Costa; de 1,067 m de altitud a 1,674.4 m en la zona central, oriental y norte del país. Es una variedad que necesita de buen programa de manejo, especialmente la fertilización (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Catimor: su nombre hace referencia a varias líneas descendientes del cruce realizado en Portugal en 1,959, entre *Timor* (resistente a la roya) y *Caturra*. En general son precoces y productivos con rendimientos superiores a otras variedades comerciales. Se adapta muy bien a regiones bajas y medias, en 610 a 915 metros de altitud, lluvias superiores a los 3,000 mm anuales (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Pache común: es una mutación de *Typica* encontrada en la finca El Brito, Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa, en 1,949. Tiene porte bajo, buena ramificación secundaria, entrenudos cortos y abundante follaje y termina en una copa bastante plana o "Pache". Las plantaciones de Pache se establecieron, principalmente, en oriente, donde su adaptabilidad y producción son satisfactorias. También se cultiva en algunas fincas de la Boca Costa. En general, se adapta bien en altitudes de 1,067 a 1677 metros (ANACAFE, 1991; ANACAFÉ, 2004).

Pache colis: se encontró en Mataquescuintla, Guatemala, en una granja que consiste en Caturra y Pache común. Café de frutos y hojas grandes. Pache colis ofrece cierta resistencia a derrite, normalmente crece a 0.8-1.25 metros. Se adapta bien a altitudes de 915-1829 metros de altitud con temperaturas entre 20-21 ° C (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Caturra: es una mutación de *Bourbón*, descubierta en Brasil. Es de alta producción y buena calidad. Requiere buen manejo cultural y adecuada fertilización, en caso contrario puede agotarse rápidamente. Se adapta bien en las diferentes condiciones regionales del país (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Mundo Novo: variedad originaria de Brasil, es el resultado de hibridación natural entre *Typica* y *Bourbón*. Es un cafeto de porte alto con vigor vegetativo y mucha capacidad de producción. Su maduración es un poco tardía en comparación con el *Bourbón*. Se adapta en las regiones del centro y oriente del país, en de altitud de 1,067 a 1675 m y precipitaciones anuales de 1,200 a 1,800 mm (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

Maragogype: es una mutación de *Typica* descubierta en Brasil. Presenta porte alto, superior a *Typica* y *Bourbón*. Sus frutos y semillas son grandes. La calidad de taza de *Maragogype* es muy apreciada en los mercados especiales, aunque su productividad es muy baja (ANACAFE, 1991; ANACAFE, 2004).

3.2.3 Variedades de cafeto de mayor importancia cultivadas en Guatemala

Según ANACAFE en Guatemala se cultivan 6 variedades de cafeto de las cuales tres de ellas ocupan el 80% del área cultivada, siendo estas Bourbón, Caturra y Catuaí. Los porcentajes del área sembrada son 30, 25 y 25% respectivamente (López, 2003) (Cuadro 1).

Cuadro 1 Variedades según el área cultivada en Guatemala.

| VARIEDAD | % ÁREA SEMBRADA |
|-----------------|------------------------|
| Bourbón | 30 |
| Caturra | 25 |
| Catuaí | 25 |
| Pache | 5 |
| Mundo Novo | 2 |
| Typica | 2 |
| Otras | 11 |

Fuente: ANACAFE, 2005

3.2.4 Densidades de siembra y rendimientos de café en Guatemala

La densidad de siembra en promedio se utiliza 3,500 plantas de cafeto por hectárea; y el rendimiento promedio de café en estado pergamino es de 1,000 kg de café pergamino por hectárea (ANACAFE, 2002).

3.2.5 Comportamiento de la producción de café en Guatemala

La producción de café está distribuida en fincas grandes, fincas medianas, fincas pequeñas y micro fincas, las cuales en número y cantidad de producción se observa en el cuadro siguiente (Cuadro 2).

Cuadro 2 Rendimientos de café en fincas en millones de sacos.

| Fincas | Número de Fincas de Producción | Millones de sacos 46 kg. |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Grandes > a 21 ha | 213 | 2.5 |
| Medianas de 7.05 a 20.44 ha | 317 | 1.1 |
| Pequeñas de 3.52 a 6.34 ha | 1345 | 1.1 |
| Micro fincas < a 3.52 ha | 59,646 | 1.0 |

Fuente: ANACAFE, 2004

4 Manejo del cultivo del café

4.1 Clima y suelos

El café se cultiva en lugares con precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7500 m³/ha) hasta 3000 mm (30000 m³/ha), si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 m, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16 a 22 °C (ANACAFE, 2002).

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4,2-5,1 se considera lo mejor para el café arábigo. Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el período climático del año. Así los diferentes niveles de clorofilas, carotenoides etc., se ven modificados en función de las temperaturas, de la intensidad luminosa (ANACAFE, 2002).

4.2 Límites térmicos para el cultivo de *Coffea arabica*

Para café arábica (*C. arabica*) se estableció que los límites térmicos están considerados entre los siguientes intervalos: apto 18–22°C temperatura media anual, marginal 22–23°C temperatura media anual e inapto 23 °C temperatura media anual (Chalfoun, 1997).

4.3 Límites Hídricos para el cultivo de *Coffea arabica*

Se establece que para café arábica (*C. arabica*) se tienen exigencias hídricas semejantes a robusta relacionadas a las condiciones del suelo, en los siguientes intervalos: apta deficiencia hídrica anual menor 150 mm, marginal 150 – 200 mm e inapto deficiencia hídrica anual mayor de 200 mm (Chalfoun, 1997).

4.4 Sombra

En el caso de utilizar sombra, el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto, pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. Por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra, en aquellas regiones en donde las condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, se regule de tal manera que haya más sombra durante los

meses secos y menos durante los húmedos. En Guatemala se utiliza y recomienda el sistema de cultivo de café bajo sombra. Las ventajas del mismo son múltiples, y van desde las necesidades eco-fisiológicas de la planta, generación de energía, hasta la de cumplir con requerimientos del mercado en temas ambientales, como protección de suelos y recursos hídricos, conservación de flora y fauna (ANACAFE, 2002).

4.5 Fertilización

4.5.1 Fertilización tradicional al suelo

El cafeto requiere de al menos 16 elementos nutritivos, llamados elementos esenciales; tres de ellos, el Carbono, Hidrógeno y Oxígeno los toma la planta del agua y el aire, mientras que los trece restantes son tomados del suelo a través del sistema radicular, pudiendo ser absorbidos también por vía foliar. Los elementos, se pueden agrupar de acuerdo a las cantidades en que son requeridos por la planta (ANACAFE, 1998).

4.5.2 Elementos primarios

Son los que absorben en altas cantidades, tal como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, por lo general la mayoría de los suelos cafetaleros del país son deficientes en Nitrógeno. En algunos suelos, derivados de cenizas volcánicas o con valores de pH menores a 5.5, pueden estar también deficientes en Fósforo (P), en cambio al Potasio (K), se le encuentra en niveles adecuados (ANACAFE, 1998).

4.5.3 Elementos secundarios

Se absorben en cantidades intermedias, como el Calcio, Magnesio y Azufre. Son llamados elementos secundarios; porque se requieren en menores cantidades. Estos tres nutrientes son agregados al suelo cuando se aplican (N-PK), en las fórmulas completas, ya que forman iones acompañantes, como es el caso del sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, que además de Nitrógeno lleva Azufre; o cuando se usa como material de relleno sustancias que contienen considerables cantidades de Ca y /Mg (ANACAFE, 1998).

4.5.4 Elementos menores

La planta los absorbe en pequeñas cantidades y son: el Boro, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, Cloro y Molibdeno (ANACAFE, 1998).

4.5.5 Fertilización foliar

Según PROCAFÉ (2008), consiste en aplicar macro y micronutrientes disueltos en agua al follaje, con el propósito de complementar los programas de fertilización al suelo y corregir así las deficiencias de elementos, tales como: Calcio, Magnesio, Boro, Zinc, Hierro, Manganeso, entre otros. La técnica de aplicación requiere calibrar el equipo de aspersion, preparar la mezcla, llenar la bomba de mochila y mantener su presión constante durante la aplicación la que preferiblemente se debe realizar por la mañana.

Según ANACAFE (1998), es una práctica que se utiliza para poder aplicar los fertilizantes químicos al follaje del cultivo de café, con esto se mejora el vigor y desarrollo de las plantas, es un complemento a la fertilización aplicada al suelo. Puede iniciarse durante las aplicaciones al suelo si se considera necesario (según el aspecto de las plantas). Se recomienda fórmulas de fertilizantes foliares del tipo 20-20- 20, 10-30-10 y otras similares que además tengan elementos menores, principalmente hierro, zinc y boro (Valencia, 1998).

La fertilización foliar a dado muy buenos resultados, desde cuando está la planta en almacigo, para luego llevarla al campo con buen vigor y desarrollo, plantaciones establecidas en el campo, plantías y en producción (ANACAFE, 1998; Girón, 2003).

4.5.6 Poda del café

Existen dos aspectos que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café: primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada con buenas ramas de fructificación. Segundo, rejuvenecimiento periódico de ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir. La formación se empieza poco después de que las plantas obtenidas de semilla o las clonadas y se trasplantan en el campo.

4.5.7 Malezas

Se define como malezas, las plantas que se desarrollan dentro del área del terreno que son ajenas al cultivo que se está trabajando.

Clasificación de las malezas según su ciclo de vida: anuales: completan su ciclo de vida durante un año al final del ciclo producen semillas para supervivencia. Bianuales: comprenden dos fases, durante el primer año desarrollan su tejido vegetativo y durante el segundo año florecen y fructifican. Perennes, completan su ciclo de vida en más de dos años, pueden reproducirse por

semilla o partes vegetativas, generalmente tienen buena capacidad de regeneración (ANACAFE, 2006).

4.5.8 La cosecha

El fruto del café cuando está inmaduro es de color verde, conforme madura cambia a rojo cereza o amarillo y es momento para el corte. En la recolección se utilizan canastos atados a la cintura llamados “tenaces”. La localización geográfica de las regiones productoras de café así como su ecosistema y riqueza de suelo por sus minerales, son la combinación perfecta para darle al grano de café características únicas de cuerpo, acidez y aroma. El suelo volcánico, temperatura ambiente y estación de lluvia permite la producción de un café de refinada nobleza. Los ciclos de floración / maduración no son, en las zonas tropicales, sucesivos como ocurre en los climas templados. No es sorprendente, por ello, ver coexistir en los cafetos flores y bayas. La recogida se lleva a cabo tan pronto como termina la estación de las lluvias (Coste, 1978).

4.5.9 Sistemas de recolección

4.5.9.1 Recolección

Consiste en coger con la mano, una a una, los frutos maduros del cafetal. Se descascarillan y después de un par de días de despulpado, se lavan utilizando 125 litros de agua por kg de café para eliminar la sustancia mucilaginoso que poseen. Luego pasan secarse al sol para desposeerlas del “pergamino” (fina capa celulósica que aún las recubre) mediante el “descascarado”, última operación antes de proceder a la torrefacción (Coste, 1978).

4.6 Plagas y enfermedades

4.6.1 Plagas

4.6.1.1 Gusano minador (*Perileucoptera coffeella*)

El minador de café (*Perileucoptera coffeella*) es una mariposa muy pequeña que pertenece a la familia *Lyonetiidae* orden *Lepidoptera*. Este insecto tiene ciclo de vida completo: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son puestos sobre el haz de las hojas, con una duración de 5 a 21 días según la temperatura; en verano eclosionan un 96% y en invierno un 77%. El estado larval puede durar de 9 a 21 días. Es el estado más importante ya que la larva se pasa, provocando la muerte del tejido. Cuando la larva alcanza su desarrollo completo, sale de la mina para formar un capullo en el envés de la hoja, que generalmente tiene forma de “X”. El estado pupa puede durar de 4 a

12 días. El adulto del minador puede vivir de 5 a 7 días. En este período, la hembra pone un promedio de 35 huevos (Guharay, 2000).

Las poblaciones de minador crecen rápidamente en condiciones de humedad relativa entre 70 y 90% y temperaturas entre 22 y 25 °C, con buena aireación y penetración de luz, esto sucede en cafetales por debajo de 1,300 metros de altitud, cuando las malezas son exageradas y el cafetal está expuesto al sol (Figueroa, 1996).

4.6.1.2 Broca (*Hypothenemus hampei*)

Es la plaga de mayor importancia económica. Los huevos de este insecto son depositados en el fruto y provoca la caída de este cuanto esta pequeño (ANACAFE, 2006).

La broca del café se caracteriza por su sorprendente adaptación y dispersión a largas distancias, ésta la garantiza el mismo insecto gracias al vuelo y por la acción directa del hombre, al momento del transporte siendo infestado. La corta fase visible del ciclo de vida de la broca es la dispersión, que se presenta con el inicio de las lluvias y se ve favorecida por las altas temperaturas, presentando la mayor actividad de dispersión durante el período más caliente del día (Dufour *et al.* 1999).

4.6.2 Enfermedades

4.6.2.1 Roya del cafeto ocasionado por *Hemileia vastatrix* Berk & Br.

Esta enfermedad fue detectada en Brasil en 1970 y en Guatemala el 10 de diciembre de 1980 en cafetales de la aldea Tierra Blanca municipio de Chiquimulilla departamento de Santa Rosa. Después de su aparición se fue diseminando por todo el país (Sánchez, 1990).

Se caracteriza por producir esporas de color amarillo en el envés de la hoja y son las uredosporas del hongo. Se observan manchas que aparecen bordeadas de un halo amarillento o verde, conforme pasa el tiempo las manchas se tornan oscuras hasta llegar a necrosar el tejido (SÁNCHEZ, 1990). El daño principal de esta enfermedad consiste en la defoliación y debilitamiento de la planta. Se produce merma en la producción de ramas fructíferas con la consiguiente baja en la producción de grano. Los frutos no concluyen su proceso formativo, secándose antes de tiempo, mientras la planta ocupa sus últimas energías en la generación de nuevas hojas. Al final, la planta muere por la defoliación, ya que sin hojas se interrumpe la fotosíntesis, la transpiración y absorción (Sánchez, 1990).

4.6.2.2 Mancha de hierro ocasionado por *Cercospora* spp.

En su fase inicial se presentan manchas circulares de 3-10 mm de diámetro. Consiste en mancha circular cenicienta oscura en el centro, con diminutos puntos negros luego un anillo café rojizo y en toda la orilla un halo amarillo. Es una enfermedad de amplia distribución en todas las zonas cafetaleras que afecta hojas, granos sobre plantas de todas las edades, con mayor incidencia en viveros y plantaciones sin fertilizar. En plantas afectadas causa defoliación y disminución notable y pérdida de la calidad del grano (ANACAFE, 2002).

4.6.2.3 Antracnosis ocasionado por *Colletotrichum gloeosporioides*

Es conocida como muerte descendente, porque la infección inicia en la parte terminal de la rama y avanza hacia el eje del tallo central. Los síntomas en las hojas se presentan como manchas que van desde los bordes hacia la parte central. En frutos ocasiona antracnosis, provocando la momificación del mismo (ANACAFE, 2002).

4.6.2.4 Ojo de gallo ocasionado por *Mycena citricolor* Berk y Court. Sacc

Se caracteriza por presencia de numerosas manchas en las hojas más o menos circulares de 5-15 mm, de diámetro y de color gris ceniciento. En brotes tiernos y frutos tienden a ser ovaladas, inicialmente negruzcas, luego aumentan de tamaño y cambian a color café y más tarde a gris. Esta enfermedad prospera en condiciones de alta humedad y baja temperatura, zonas nubladas, exceso de sombra y clima templado (ANACAFE, 2002).

4.6.2.5 Phoma, quema o derrite ocasionado por *Phoma* sp.

Afecta cafetos por encima de 1200 m de altitud, ubicados en zonas de alta humedad ambiental, áreas nubladas, y temperaturas bajas. Se caracteriza por manchas de color negro mate, con apariencia de papel quemado en el ápice de las hojas tiernas (ANACAFE, 2002).

4.6.2.6 Mal de hilachas o koleroga ocasionado por *Ceratobasidium*

Enfermedad afecta cafetales sembrados en zonas bajas, temperaturas altas, sombrío denso y alta humedad permanente. Esta enfermedad se caracteriza por dañar las hojas, ramas y frutos. Cuando el organismo penetra en los tejidos celulares las hojas pierden su turgencia y presentan necrosis de la lámina foliar. En la parte inferior de las hojas se nota una red micelial blanquecina, las hojas mueren y cuelgan, dando un aspecto de hilacha (ANACAFE, 2002).

4.7 El mejoramiento genético del café en América Central

4.7.1 Sistemas de reproducción de arábica

El descubrimiento en los años 1940 del sistema de polinización del Arábica (Krug, 1936; Krug 1945; Carvalho y Krug, 1949), permitió empezar los trabajos de genética y luego de selección. La flor en el género *Coffea* sp., es hermafrodita. Las especies de *Coffea* son por lo general alógamas (como es el caso de *C. canephora* var. Robusta) con notable excepción de *C. arabica* que es autógama. Para esta especie, en condiciones naturales, la mayoría (85-95%) de los frutos provienen del cruzamiento de la planta con sí misma (autofecundación). La otra parte (15-5%) proviene de polinización cruzada provocada por el viento o los insectos.

Para las plantas que presentan tal sistema de reproducción, la forma clásica de selección es la selección genealógica, donde a partir del producto de una polinización artificial, se obtiene una primera generación llamada F1. A partir de esta primera generación se sigue hasta generaciones avanzadas (f7 o f8) para obtener una línea pura (homocigótica). La duración de una selección es de 20 a 30 años.

En América Latina la selección genealógica se aplicó según dos modalidades:

- Después de la recombinación (cruzamientos intraespecíficos)
- Después de un cruzamiento intraespecífico seguido por uno o varios retrocruzamientos (Charrier, 1985).

4.8 Importancia de genotipos promisorios de café resistentes a roya

La importancia de la roya radica en que es la enfermedad más devastadora del cultivo de café, por lo tanto desarrollar variedades resistentes a roya, vía mejoramiento genético de plantas, viene como un objetivo de alta prioridad en muchos países (Prakash *et al.* 2004). El cultivo de variedades genéticamente resistentes constituye una de las estrategias más apropiadas y efectivas económicamente para el manejo de las enfermedades en el cultivo de café, entre ellas la roya (Silva *et al.* 2006), porque el género *Coffea* exhibe gran variabilidad en el grado de susceptibilidad a la roya (Aguilar, 1995). En este contexto, Bertrand y Anthony (1995), señalan que líneas de Catimores expresan un cierto grado de resistencia a roya del café. Así mismo, mencionan que se han desarrollado variedades de Catimores resistentes a roya utilizando como padre donante de resistencia el Genotipo de Timor. Además, existe la resistencia incompleta cuantitativa o no específica presente en *C.canephora* y *C. arabica*, pero la solución genética

duradera al problema se lograría sólo si se acumula un gran número de genes de resistencia, tanto completa como incompleta (Avelino *et al.* 1999).

La roya del café es una enfermedad que limita seriamente la producción de *C. arabica* en todo el mundo; su resistencia genética es la principal forma de control del patógeno y ha sido transferida a variedades comerciales de *C. arabica* a través del genotipo de Timor (*C. arabica* y *C. canephora*). Dicho genotipo ha originado gran parte de las variedades resistentes a la roya en Latinoamérica (Bustamante, 2004).

En Guatemala se está iniciando un proceso de investigación con nuevas variedades de café tolerantes a roya para ofrecerles a los productores por parte de ANACAFÉ, ya que cuentan con materiales con resistencia a roya provenientes de Brasil.

4.8.1 Criterios de selección

Según Montagnon *et al.*, (1998), el principal criterio de selección ha sido la producción, medida en kilo de cereza. La conversión en kilo de café oro se hace por medio de un ratio estimado para genotipo y que varía en el caso de Arábica de 16-20%. En general es suficiente observar la producción durante 4 ó 5 años consecutivos pues está bien correlacionada con la producción acumulada a 10 años. En general hay una buena correlación también con el vigor de la planta (medido por el grosor del tallo y la longitud de las ramas). Otro criterio de selección importante es la tolerancia a la sobreproducción. Ciertos catimores tienden por ejemplo a producir demasiado y la ramificación secundaria se muere por el exceso de carga.

La resistencia a los parásitos es una prioridad. Pero de algo de suma importancia para América Central, es definir el conjunto de características físicas, químicas y aromáticas que esperan los consumidores de manera regular. La calidad de café se evalúa a partir de diferentes características sobre muestras de café beneficiado por vía húmeda que es llevado después de varias horas de secado al sol, a una humedad de 11-12%.

Las características son: tamaño de grano, número limitado de caracoles y fruto vano, forma y color del grano, homogeneidad del café tostado, características de la taza.

Las variedades mejoradas provenientes de la base tradicional (1950-1980).

4.8.2 Reducción del porte de la planta

En 1935, se descubrió en Brasil un árbol de porte pequeño, en una población de Borbón. La variedad que se creó a partir de este individuo fue llamada Caturra. El porte permite cosechas más fáciles y densidades de siembra más altas. El gene que controla este factor es dominante y se llama “gene Caturra” (Carvalho, 1991).

4.9 Relación entre variedades de café

Cuadro 3. Diferencia entre variedades más comunes en el mercado en Guatemala.

| Caturra | El Mundo Novo | Catuaí |
|--|--|--|
| <p>El gen de Caturra es un gen de enanismo que reduce el tamaño de la planta (entrenudos cortos) y se caracteriza por un sistema radical más pequeño y por lo tanto menos difuso. Se sospecha que es una de las razones por la cual responde a altas dosis de abonos (Carvalho, 1991).</p> | <p>Cultivar de porte alto, apareció en Brasil. Viene probablemente de un cruzamiento natural de Típica (Sumatra) y Borbón rojo (Fazuoli, 1985). La recombinación de las características de sus padres y selección genealógica, (4-5 generaciones) de las mejores líneas, han producido una planta muy vigorosa, productiva y bastante rústica, pero responde a tecnología.</p> | <p>Resultó de un programa de recombinación y selección que empezó en Brasil en 1949 (Fazuoli, 1985). Esta variedad proviene del cruzamiento de Mundo Novo y Caturra amarillo. Se trataba de <u>introgresar</u> a la variedad Mundo Novo con el gene de enanismo de Caturra. (Carvalho, 1991). En la segunda generación empezó la selección por características productivas y por el porte bajo. La liberación de <u>Catuaí</u> empezó en F5, pero la selección continuó hasta F7 o F8.</p> |

Fuente: Fazuoli (1985); Carvalho (1991).

4.10 Caracterización de genotipos

Se menciona que la caracterización de los materiales considerados como “potenciales fitogenéticos” en un banco de germoplasma juega un papel muy importante, puesto que permite la selección y posterior utilización de los materiales en programas de mejoramiento genético o de otra naturaleza (Arce, 1984).

El término caracterización puede definirse como: el registro de todas aquellas características altamente heredables, que pueden ser fácilmente vistas y expresados en todos los ambientes; para llevar a cabo la caracterización se usan como base los descriptores (Arce, 1984; Morera, 1981).

4.11 Definición de descriptor

Son términos descriptivos (unidades básicas de cada sistema de documentación), que expresan a elementos de información (Morera, 1981). Nombre que se le da a una característica o a la denominación asignada a un fenómeno que se presenta en una determinada planta y el cual se puede y quiere medir (Arce, 1984). Es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos (Morera, 1981).

Debido a la diversidad de descriptores que se pueden emplear según el objetivo que tenga el investigador y la finalidad de estudio, actualmente IPGRI, utiliza las siguientes definiciones en la documentación de recursos fitogenéticos:

- A. **Descriptores de manejo:** proporcionan las bases para el manejo de accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación/regeneración.
- B. **Descriptores del sitio y medio ambiente:** describen los parámetros específicos del sitio y ambientales que son importantes cuando se realizan pruebas de caracterización y evaluación. Pueden ser importantes para la interpretación de los resultados de esos procesos.
- C. **Descriptores de caracterización:** permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.
- D. **Descriptores de evaluación:** muchos de los descriptores de esta categoría son susceptibles a las diferencias ambientales, pero son generalmente útiles en la mejora de un cultivo y otros pueden involucrar la caracterización bioquímica o molecular. Ellos incluyen rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés y caracteres bioquímicos y citológicos.

4.11.1 Agrupamiento de los descriptores

Según Morera (1981) se agrupan de la forma siguiente:

Descriptores cualitativos

- Con expresión discontinua.
- Con cierta graduación continua.

Descriptores cuantitativos

- Con graduación continua
- Con graduación discreta

4.11.2 Estados del descriptor

A los descriptores se les asigna una escala de valores, que se llama “Estados del descriptor” y puede definirse como: serie de clases de expresión fenotípica que son mutuamente exclusivas y de las cuales solamente una puede ser escogida y corresponder a cada entrada en colección (Morera, 1981).

Los estados del descriptor usualmente deben ser registrados como códigos (letra, número), antes que en palabras (Morera, 1981).

4.12 Taxonomía numérica

4.12.1 Origen

Surgió en la década de 1950 y se establece como un método válido para clasificar a los seres vivos (Crisci, 1983; López, 2003).

4.12.2 Definición de taxonomía numérica

Es la evaluación numérica de la afinidad o similitud entre unidades taxonómicas y el agrupamiento de éstas unidades en taxones, basándose en el estado de sus caracteres (Crisci, 1983; López, 2003).

El enfoque planteado por la taxonomía numérica comprende dos aspectos: uno filosófico, basado en la teoría clasificada denominada “feneticismo” y el otro, el de las “Técnicas Numéricas”, que son el camino operativo para aplicar dicha teoría (Crisci, 1983; López, 2003).

El feneticismo, lleva a cabo la clasificación basada exclusivamente en la similitud fonética. Entendiéndose por “fonético”, cualquier tipo de carácter utilizable en la clasificación, incluyendo los morfológicos, fisiológicos, ecológicos, etológicos, moleculares, anatómicos, citológicos y otros (Crisci, 1983; López, 2003).

Las técnicas numéricas, mediante operaciones matemáticas calcula la afinidad entre unidades taxonómicas en base al estado de sus caracteres. La asociación de conceptos sistemáticos con variables numéricas ha dado como resultado una inmensa cantidad y variedad de técnicas numéricas. Los pasos comunes elementales de estas técnicas son: (Crisci, 1983; López, 2003).

- Elección de las unidades por estudiar

- Elección de los caracteres
- Construcción de una matriz básica de datos
- Obtención de un coeficiente de similitud
- Construcción de una matriz de similitud
- Conformación de grupos, y
- Generalizaciones

4.12.3 Análisis de agrupamientos

El análisis de agrupamientos (análisis cluster) comprende técnicas que siguiendo reglas más o menos arbitrarias, forman grupos de unidades taxonómicas operativas (OTU, siglas en inglés), que se asocian por su grado de similitud (Crisci, 1983; López, 2003). La técnica del análisis de agrupamiento, permite el análisis de matrices de similitud, cuyo objeto es sintetizar la información de la matriz de similitud a fin de permitir el reconocimiento de las relaciones entre la totalidad de los OTU (Crisci, 1983; López, 2003).

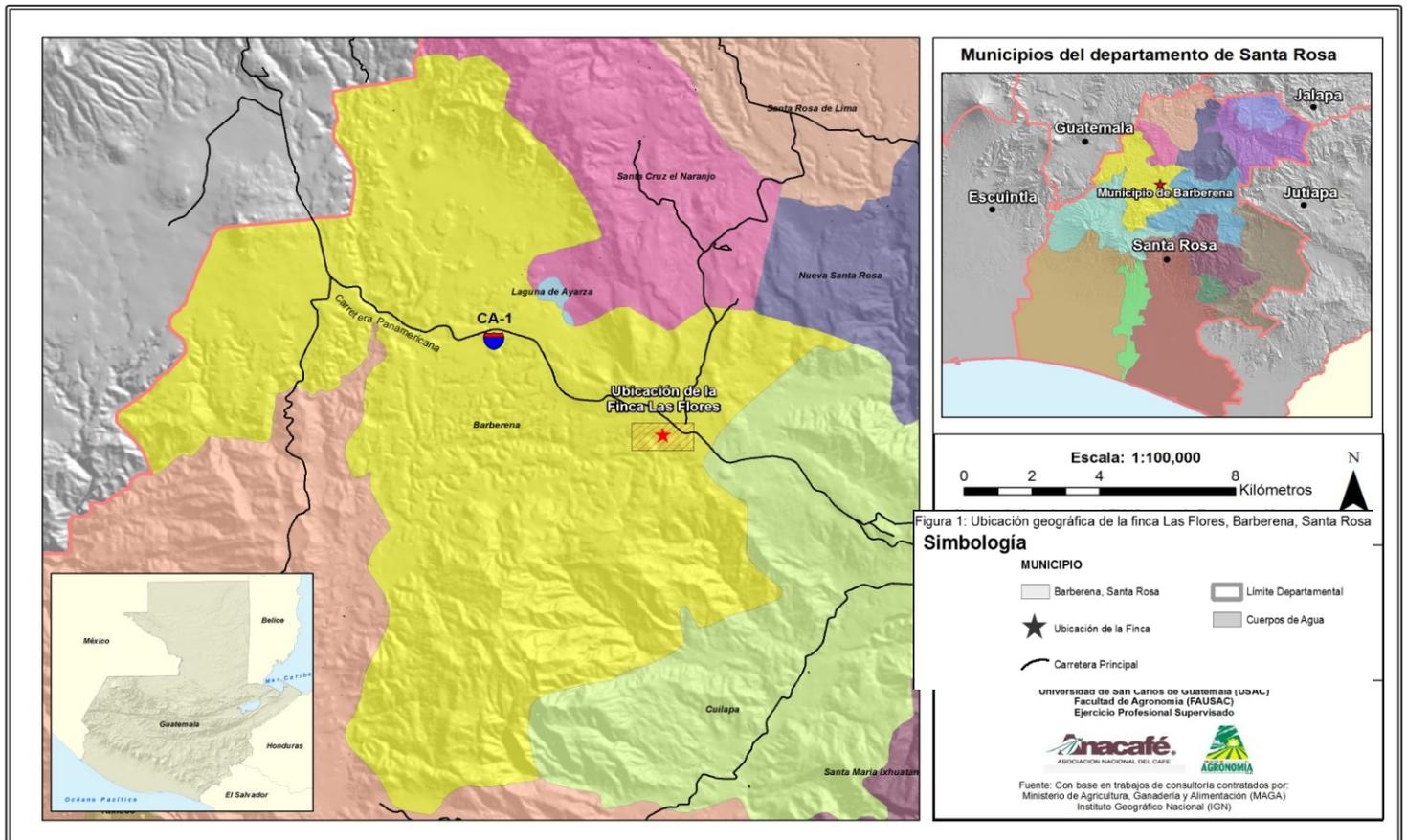
4.12.4 Representación del análisis de agrupamientos

La estructura taxonómica obtenida de la matriz de similitud con las técnicas de análisis de agrupamientos puede presentarse gráficamente de varias formas, la más utilizada es el fenograma, que no es más que un diagrama arborescente que muestra la relación en grado de similitud entre dos OTU o grupos de OTU (Crisci 1983; López, 2003).

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 Departamento de Santa Rosa

El Municipio de Barberena tiene una extensión territorial aproximada de doscientos noventa y cuatro (294) kilómetros cuadrados, está localizado en la región central del departamento de Santa Rosa, sobre la carretera Interamericana CA-1, a 54 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 9 kilómetros de la cabecera departamental, Cuilapa. Colinda al norte con Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y Fraijanes (Guatemala), al sur con Pueblo Nuevo Viña (Santa Rosa) y Villa Canales (Guatemala), al este con Nueva Santa Rosa Cuilapa (Santa Rosa) y al oeste con Pueblo Nuevo Viñas (Santa Rosa) y Villa Canales (Guatemala). Las coordenadas geográficas lo sitúan en una latitud de 14 grados, 18 minutos y 24 segundos y una longitud de 90 grados 21 minutos y 36 segundos (Prensa Libre, 1999).



Mapa 1 Mapa de Barberena, Santa Rosa, señalando la ubicación de Finca Las Flores, lugar dónde se estableció el ensayo de los genotipos promisorios de café.

5.1.1 Clima

El Municipio registra alturas que van desde 2,195 a 732 metros de altitud, la cabecera Municipal se encuentra 1,069 m de altitud y su clima generalmente es templado, y cálido en época de verano. Sus temperaturas oscilan entre 18.8 y 27.8 grados centígrados, con una media de 22.4 grados centígrados. La precipitación pluvial por año es de 1,990 mm y la humedad relativa es de 70.3%, factor que, entre otros, contribuye a crear el ambiente adecuado para el cultivo del café, que es su principal producto agrícola.

El clima del Municipio de Barberena se ve influenciado por la deforestación de tala de árboles, situación que se considera como un fenómeno social en aumento, porque el hombre en busca de satisfacer sus necesidades y no tener empleo que le provea de recursos, efectúa esta actividad si considera los daños ambientales que causa. Por tal razón la temperatura va en aumento para establecer una media de 25.5 grados centígrados paulatinamente (Prensa Libre, 1999).

5.1.2 Recursos Naturales

Son todos aquellos recursos que se encuentran en el Municipio y que con la intervención del hombre, provee de satisfactores para su beneficio; siendo explotados de manera desmesurada y que por su naturaleza no son renovables.

5.1.2.1 Suelos

Según Charles S. Simmons 1975, los suelos del Municipio de Barberena en su mayoría están comprendidos en dos tipos: **Grupo I subgrupo E** (suelos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro en terreno casi plano moderadamente inclinado) y **Grupo I subgrupo A**. (Suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro) la capacidad productiva de la tierra, combinados con los efectos de clima, e apta para cultivos perennes y de montañas, principalmente para fines forestales y pastos. Estos suelos en la actualidad, los productores le realizan prácticas de conservación, adicionándole pulpa de café; se puede indicar que las plantaciones de café prevalecen en el Municipio y está diseñado en surcos lo que no permiten la erosión de los mismos.

5.1.2.2 Bosques

Barberena estuvo poblada por extensas masas boscosas donde se encontraban árboles de diversas especies, principalmente de maderas finas, los que fueron explotados irracionalmente, sin ninguna previsión ni planeamiento, dando lugar a que el área fuera disminuyendo (Prensa Libre, 1999).

Las causas que originaron su progresiva disminución fueron los incendios forestales, la proliferación de plagas y enfermedades, el constante crecimiento demográfico, así como, la

situación económica y social de la región, debido a que en la mayoría de hogares utilizan la leña como combustible y fundamentalmente el cambio del uso de la tierra de forestal a agrícola sustituyéndose en gran parte por bosques que generan sombra para el cultivo del café (Prensa Libre, 1999).

5.1.2.3 Flora y fauna

Estas se ven influenciadas a las condiciones climatológicas, la influencia de los vientos, el suelo y el régimen de lluvias influye en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación. Las principales especies de la flora del Municipio son: Guarumo, Hormigo, Madre Cacao, Guachipilin, Cedro, Pino Colorado, Pito, Conacaste, Encinos, Paterna, Llorá Sangre, Matilisguate, Amate, Ciprés Guayaba, Guapinol, Sauce, Flor amarilla, Coyolillo, Laurel, Caspirol, Aguacate Volador, Sincuya, Caulote y Escobillo. Sin embargo, aún pueden encontrarse áreas boscosas de origen natural, clasificándose en zonas de bosque muy húmedo subtropical (cálido) y bosque húmedo subtropical (templado).

Los principales árboles y plantas utilizados para sombra en el cultivo de café están como árboles de sombra permanente: Cuje, Cushín, Caspirol Paterna y Gravilea; Semipermanentes: Gandul, Madriado, Cuernavaca e Higuerillo; Temporal: Banano y plátano.

Las especies ornamentales: rosales, bougambilias, claveles, orquídeas, ninfas de agua, geranios. Se cuenta con variedad de frutales como: Naranja, Mango, Jocote, Nance, Guayaba, Piña, Mora, Fresa y Frambuesa.

Entre las especies animales con que cuenta el Municipio están: Tacuazines Mapaches, Pizotes, Conejos, Piscoyes, Tejones, Gato de monte, Espumuyas Cachaginas, Codornices, Curruchiches, Chorchas, Cuscutes, Sensontles, Pat Zambullidor, Pato Gallareta y peces tales como: Guapote ó Lobina Tilapia y Mojarra rayada.

Orografía y topografía

En lo que corresponde a su orografía y topografía, Barberena se caracteriza por contar con numerosas elevaciones, se pueden mencionar el volcán Cerro Redondo, las montañas De las Minas y El Colorado, así como con los cerros: Alto, Calderas, De los Bueyes, De los Frijoles, De la Cruz, El Carmen, El Cerrón, El Coyolito, El Infiernillo, El Maguey, El Matasano, El Morador, El Perol, El Pinal, El Porvenir, El Sordo, La Casita, La Torre, La Vega, Las Mercedes, Los Murciélagos, Loma China, Miramundo, Monteverde, Ojo de Agua, El Pelado, El Redondo, San Luis El Volcancito y San Roberto, estas montañas y cerros en un buen porcentaje son cultivables, además, cuenta con valles y planicies cuyo suelo es generosamente fértil.

Debido a la variada topografía del terreno es difícil el uso de maquinaria agrícola y además porque el mayor cultivo predominante es el café, el cual lleva un proceso manual hasta su cosecha. El Municipio de Barberena es bastante accidentado (MAGA, 1998).

5.1.3 Hidrografía

Dentro de las principales fuentes hidrológicas se encuentran ríos, riachuelo quebradas, lagunas y lagunetas. Entre los ríos más importantes esta el Aguacapa que atraviesa el Municipio de Barberena, que llega posteriormente la represa del mismo nombre, la cual es importante por la energía eléctrica que genera para la región. También existen los ríos: La Plata, Las Cadenas y Aguacapilla, los riachuelos La Presa, Media Cuesta, Las Minas, Los Limones, Bijagues, La Concha, La Vega, Utopa, Los Verdes, San Luis, Blanco, Cimarrón el Azufre, así como las quebradas El Joval, El Jute, Helada, La Instancia, De la Pastoría, Las Mercedes El Subinal y Quebrada Seca (Gall,1983).

6 ECONOMÍA

6.1 Producción de café

Cuadro 4 Producción anual de café en el departamento de Santa Rosa en kilogramos oro.

| Departamento | 2000-2001 | 2001-2002 | 2002-2003 | 2003-2004 | 2004-2005 | 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 |
|--------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | KILOGRAMOS ORO | | | | | | | |
| Sta. Rosa | 48,064,020 | 33,528,526 | 56,043,502 | 55,045,256 | 50,714,632 | 36,680,538 | 5,744,020 | 7,382,126 |

Fuente: ANACAFE, 2008

6.2 Finca las Flores

La finca las Flores que se encuentra ubicada en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa, propiedad de la Asociación Nacional del café (ANACAFE), se encuentra a una altitud de 1127.76 metros de altitud, precipitación promedio anual de 1900 mm y temperatura promedio mensual de 22°C, (Guerra, 2006).

6.3 Antecedentes de la siembra y desarrollo de los genotipos de café por caracterizar

El semillero fue realizado en agosto de 2006. El almácigo se hizo octubre de 2006. En esta fase fueron sembradas 26 plantas de cada genotipo. Se observó buena germinación para todos los materiales. En el sustrato de la bolsa para semillero se usó lombricompost. La fecha de siembra a campo definitivo se realizó el 7-junio-2007 al 9-junio de 2007. La planta al momento de sembrarse

tenía una altura promedio de 35 cm. En el momento de la siembra las plantas contaban con una cruz (eje de ramas plagiotrópicas). En la siembra se aplicaron 2 libras de bocashi incorporado. Los genotipos están identificados en el campo con números de 1 al 50. Desde el momento de siembra hasta la actualidad, se cuenta con registro de plagas y enfermedades con tres lecturas por año.

A continuación se muestra la procedencia genética de genotipos promisorios de café en finca las Flores, Barberena Santa Rosa (cuadro No.5).

Cuadro 5. Lista de genotipos de café que fueron caracterizados y su genética finca Las Flores, Barberena Santa Rosa, Guatemala, 2012

| Genotipo | Cruce | Genotipo | Cruce |
|----------|--|----------|---------------------------------|
| | ICATU x CATIMOR | | |
| 1 | 15-I-4 cv. 4 | 26 | H-105-1-39 cv.12 |
| 2 | 6-IV-5 cv. 5 | 27 | H-107-47-2 cv.14 |
| 3 | 28-II-2 cv. 12 | 28 | H-101-71-44 cv.15 |
| 4 | 13-I-2 cv. 2 | 29 | H-141-10-10 cv.18 |
| 5 | 13-I-2 cv. 12 | 30 | H-111-68-5 cv.12 |
| 6 | 15-II-5 cv. 4 | 31 | H-140-3-41 cv.8 |
| 7 | 6-IV-5 cv. 9 | 32 | H-130-65-45 cv.10 |
| 8 | 28-II-2 cv.7 | 33 | H-145-17-17 cv.10 |
| 9 | 15-I-4 cv. 17 | 34 | H-141-10-10 cv.5 |
| 10 | 6-IV-5 cv.4 | 35 | H-141-27-40 cv.12 |
| 11 | 28-II-2 cv. 8 | 36 | H-145-17-17 cv.2 |
| 12 | 28-II-2 cv. 17 | 37 | H-141-27-40 cv.7 |
| | CATUCAÍ 7 | 38 | H-107-47-2 cv.2 |
| 13 | CIA-1-41-19 cv.3 | 39 | H-144-17-46 cv.11 |
| 14 | CIA-31-6-16- cv.8 | 40 | H-41-26-48 cv.14 |
| 15 | CIA-16-55-9 cv.6 | | CATUCAÍ MEZCLA DE LÍNEAS |
| 16 | CIA-15-20 cv.11 | 41 | CIA 1-41-23 cv.73 |
| 17 | CIA-4-12 cv.13 | 42 | CIA 1-41-23 cv. 186 |
| 18 | CIA-19-66-31 cv. 9 | 43 | CIA 1-41-23 cv.45 |
| 19 | CIA mezcla 1 cv. 13 | 44 | CIA 1-41-23 cv.5 |
| 20 | CIA mezcla 2 cv. 12 | 45 | CIA 1-41-23 cv.180 |
| | ICATU x RUBI; ICATU x TOPÁZIO; ICATU x CATUAÍ 62; ICATU X CATUAÍ 99 | 46 | CIA mezcla de línea cv.178 |
| | | 47 | CIA mezcla de línea cv.9 |
| 21 | H-130-65-45 cv.8 | 48 | CIA mezcla de línea cv.127 |
| 22 | H-144-17-46 cv.8 | 49 | CIA mezcla de línea cv.69 |
| 23 | H-144-17-46 cv.1 | 50 | CIA mezcla de línea cv.126 |
| 24 | H-105-1-39 cv.1 | 51 | Testigo variedad Caturra |
| 25 | H-108-43-37 cv.6 | | |

Fuente: EPAMIG, Minas Gerais, Brasil.

Tabla 1 Lectura de enfermedades en el almácigo, previo trasplante definitivo.

| Número de material | Cercospora Negra | Cercospora Amarilla | Psuedomonas | Antracnosis | Ataque Insectos | Deficiencias Nutricionales | Vigor B-M-R | Plantas Disponibles | Observaciones |
|--------------------|------------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | semilla Caracol |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 Minador | 0 | B | 26 | |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |
| 18 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 15 | |
| 19 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Bronceado Segregante |
| 22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Bronceado Segregante |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Bronceado |
| 24 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | Bronceado. |
| 26 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|-----------------|---|-----------|----|------------------------------------|
| 27 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 Escam a | 0 | R | 26 | Segregante. |
| 28 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 pulgón | 0 | B | 26 | |
| 29 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Bronceado. Segregante. |
| 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Segregante. |
| 31 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | Bronceado. |
| 33 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Fumagina. |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Bronceado. Segregante. Alto. |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Bronceado. Segregante. Alto |
| 36 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Bronceado. |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Segregante. |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | Bronceado. Segregante. |
| 40 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | Bronceado. Segregante. |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 43 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 44 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 45 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | R | 26 | |
| 46 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 47 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 48 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |
| 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | B+ | 26 | |
| 50 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B | 26 | |

Materiales 37 y 40 con dos cruces, Vigor: B= bueno, R= regular M= malo.

7 OBJETIVOS

7.1 Objetivo General

Evaluar la adaptación genotipos promisorios de café (*Coffea arabica*), con buenas características de rendimiento, morfología, calidad de grano y resistentes a plagas y enfermedades bajo las condiciones de la finca las Flores, Santa Rosa.

7.2 Objetivos específicos

1. Seleccionar genotipos promisorios de café con resistencia a las plagas y enfermedades más importantes en la finca las Flores, Santa Rosa.
2. Caracterizar la morfología de 50 genotipos promisorios de café provenientes de Brasil bajo las condiciones de las Flores, Santa Rosa.
3. Determinar el rendimiento de 50 genotipos promisorios de café bajo las características edafoclimáticas de Santa Rosa en el segundo año de establecido en el campo.
4. Determinar las características organolépticas deseables para los genotipos promisorios seleccionados de café.

8 MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a plagas y enfermedades

El estudio fue conducido en una parcela donde se sembraron los 50 genotipos más el testigo de la finca que fue variedad Caturra. El ensayo fue establecido en el año 2007 en la finca Las Flores, Santa Rosa. Como parcela de observación, se utilizaron 20 plantas por genotipo (30 m²). Para la cuantificación de plagas, se realizaron lecturas en las 20 plantas indicadas, para cada plaga que se presentó en la evaluación. Las lecturas se realizaron cada 30 días a partir del segundo semestre del año 2009. Las enfermedades que se contemplaron fueron: Mancha de hierro del cafeto ocasionada por *Cercospora* spp., antracnosis ocasionada por *Colletotrichum gloeosporioides*, roya del cafeto ocasionada por *Hemileia vastatrix*, Phoma o derrite ocasionada por *Phoma* spp., *Xylella fastidiosa* y genotipos con síntomas de mal de viñas.

Para el caso de roya del café se cuantificó incidencia y severidad, para lo cual se utilizó una escala de severidad (Petek *et al.*, 2008) descrita a continuación:

- 1 Ausencia de pústulas y reacciones de hipersensibilidad
- 2 Pocas hojas con pústulas sin esporas y con reacciones de hipersensibilidad
- 3 Pocas pústulas por hoja con alta producción de esporas y poco distribuidas
- 4 Media cantidad de pústulas por hoja, distribuida en la planta con alta producción de esporas
- 5 Alta cantidad de pústulas con alta producción de esporas y alta defoliación de la planta

La cuantificación de cercospora consistió en determinar incidencia y severidad de la enfermedad basada en la escala de notas entre 1 a 5 adaptada de Petek *et al.*, 2007, citada de la siguiente manera:

- 1- Ausencia de síntomas,
- 2- Pocas lesiones,
- 3- Lesiones distribuidas por las hojas de la planta y con síntomas en los frutos.
- 4- Lesiones en los frutos distribuidos en la planta, con manchas grandes y negras llegando a los bordes de las hojas.
- 5- Lesiones grandes y negras distribuidas por la planta, frutos atacados y algunas ramas secas.

Las plagas que se evaluaron fueron las siguientes:

- Gusano minador (*Perileucoptera coffeella*)
- Broca (*Hypothenemus hampei* Ferr). Para esta plaga se observaron 20 frutos por genotipo, en los meses de septiembre a octubre, haciendo un muestreo no destructivo, debido que puede afectar el dato de rendimiento.

Las lecturas de plagas y enfermedades se realizaron en diferentes fases fenológicas, floración, fructificación, madurez fisiológica de fruto y en la cosecha a partir del segundo semestre del año 2009.

8.2 Caracterización morfológica de 50 genotipos promisorios de café

Este objetivo se logró con la utilización de un descriptor que incluyó los caracteres morfológicos más importantes de la planta de café e incluye: caracteres de la hoja, tallo, arquitectura de planta, ramas semillas y frutos. Esto sirvió para comparación morfológica de los genotipos promisorios con las variedades de café comerciales establecidas actualmente en la finca en Santa Rosa, donde se cultivan las principales variedades que se usan en la región, dado que en dicha finca se produce café para semilla y venta de almácigo. El descriptor utilizado comprende la siguiente información:

8.3 Descriptor de caracterización morfológica de café según IPGRI (1996), modificado para fines de esta investigación.

8.3.1 Descriptor de la planta

Para este estudio se tomaron al azar 10 plantas de los 50 genotipos de café y se anotaron los datos descritos en el descriptor.

8.3.2 Descriptor del arbusto

8.3.2.1 Parte Vegetativa

8.3.2.2 Diámetro del tronco

Medido a 10cm sobre el nivel del suelo.

8.3.2.3 Altura de la planta

Medida en el tronco, desde el nivel del suelo hasta la yema terminal.

8.3.2.4 Número de ramas plagiotrópicas promedio de 10 plantas:

8.3.2.5 Longitud de ramas plagiotrópicas medidas de la parte media de la planta:

8.3.2.6 Posición de las ramas plagiotrópicas, respecto al eje ortotrópico.

1. 0 grados
2. 45 grados
3. 60 grados

8.3.2.7 Número de hojas por rama

- 1 Pocas
- 2 Muchas
- 3 Abundantes

8.3.2.8 Presencia de ramas secundarias en ramas plagiotrópicas

- 0 Ausencia
- 1 Presencia

8.4 Altura de la planta

- 1 Muy baja (< 1 m)
- 3 Baja (1-2m)
- 7 Alta (2-3 m)
- 9 Muy alta (> 3 m)

8.4.1 Arquitectura de la planta

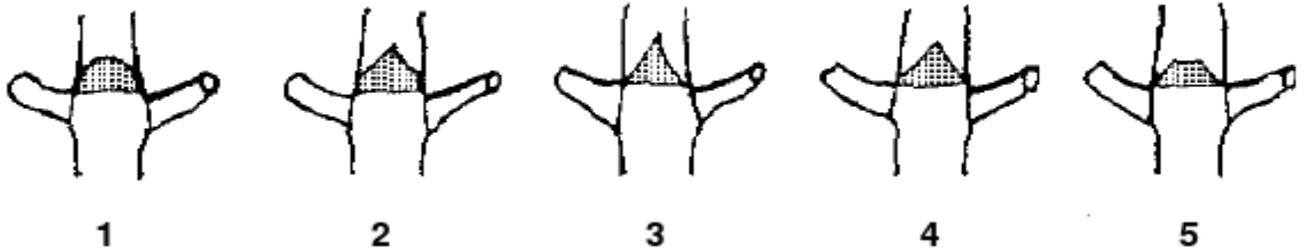
- 1 Piramidal
- 2 Arbustiforme
- 3 Elongada cónica

8.5 Vigor de la planta

- 0 Malo
- 1 Regular
- 2 Bueno
- 3 Muy bueno

8.6 Forma de la estipula

- 1 Redonda
- 2 Oval
- 3 Triangular
- 4 Deltoide (equilátero triangular)
- 5 Trapeciforme
- 6 Otra



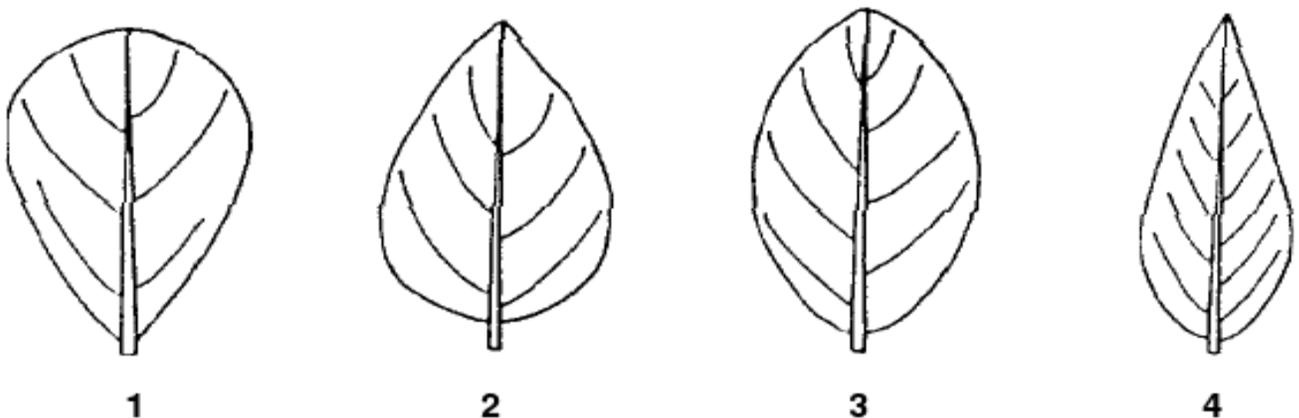
8.7 Color de la hoja joven

Se empleó escala Munsell (Anexo 1)

- 1 Verdusca
- 2 Verde
- 3 Amarronada
- 4 Marrón rojiza
- 5 Bronce

8.7.1 Forma de la hoja

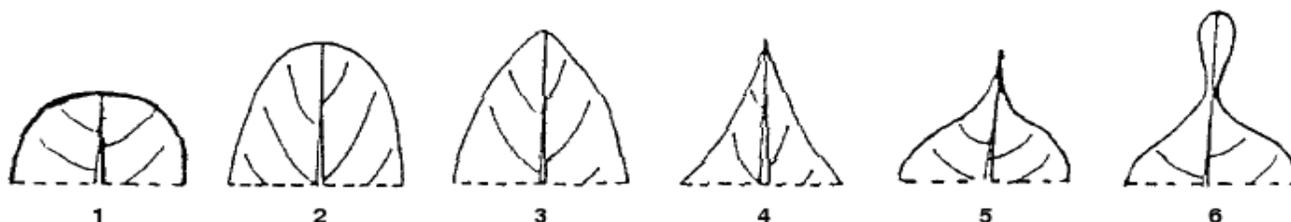
- 1 Obovada
- 2 Ovada
- 3 Elíptica
- 4 Lanceolada
- 5 otra



8.7.2 Forma del ápice de la hoja

- 1 Redonda
- 2 Obtusa
- 3 Aguda

- 4 Puntiguda
- 5 Apiculada
- 6 Espatulada
- 7 Otra



8.7.3 Longitud de la hoja (cm)

Promedio de veinte hojas maduras de la parte media de la planta

8.7.4 Ancho de la hoja (cm)

Promedio de veinte hojas maduras de la parte media de la planta

8.7.5 Longitud del pecíolo (cm)

Promedio de veinte hojas maduras de la parte media de la planta

8.7.6 Color del pecíolo

Se utilizó escala Munsell (Anexo 1)

- 1 Verde
- 2 Marrón oscuro
- 3 Otro

8.8 Inflorescencia y floración

- 1 Escasa
- 2 Media
- 3 Abundante

8.8.1 Posición de la Inflorescencia

- 1 Axilar
- 2 Terminal

8.9 Fruto

Estos datos se tomaron en época de fructificación

8.9.1 Color del fruto

Se hizo observado frutos maduros, con uso de la escala Munsell (Anexo)

- 1 Amarillo
- 2 Amarillo naranja
- 3 Naranja

- 4 Naranja rojizo
- 5 Rojo
- 6 Rojo púrpura
- 7 Púrpura
- 8 Púrpura violeta
- 9 Violeta
- 10 Negro
- 11 Otro

8.9.2 Forma del fruto

Promedio de cinco frutos por planta en un promedio de 10 plantas.

- 1 Redondeada
- 2 Obovada
- 3 Oval
- 4 Elíptica
- 5 Oblonga
- 6 Otra

8.9.3 Forma del disco del fruto

La forma del disco del fruto se encuentra en la parte final del grano del café.

- 1 No marcada
- 2 Marcada pero no prominente
- 3 Prominente (cilíndrica)
- 4 Picuda (ápice contraído en forma de cuello de botella)

8.9.4 Longitud del fruto (mm)

Promedio 50 frutos por genotipo.

8.9.5 Ancho del fruto (mm)

Promedio 50 frutos por genotipo.

8.9.6 Diámetro del fruto (mm)

Promedio 50 frutos por genotipo.

8.10 Semilla

8.10.1 Color de la semilla

- 1 Amarilla
- 2 Marrón-púrpura
- 3 Otra

8.10.2 Forma de la semilla

- 1 Redonda

2 Obovada

3 Oval

4 Elíptica

5 Oblonga

6 Otra

8.10.3 Presencia de granos deformes

0 Ausente

1 Presente

8.10.4 Longitud de la semilla (mm)

Promedio 50 semillas, con una humedad deseable (10-12%)

8.10.5 Ancho de semilla (mm)

Promedio 50 semillas, con una humedad deseable (10-12%)

8.10.6 Diámetro de semilla (mm)

Promedio 50 semillas, con una humedad deseable (10-12%)

8.11 Plagas y enfermedades

8.11.1 Plagas:

1 Minador del cafeto *Perileucoptera coffeella*

3 Broca del café *Hypothenemus hampei*

8.11.2 Enfermedades

1 Mancha de hierro del cafeto ocasionado por *Cercospora* spp.

2 Mancha oscura del cafeto ocasionado por *Cercospora* spp.

3 Antracnosis del cafeto ocasionado por *Colletotrichum gloeosporioides*.

4 Roya del cafeto ocasionado por *Hemileia vastatrix*

5 Phoma o derrite ocasionado por *Phoma* spp.

8.12 Características de rendimiento de café

8.12.1 Características de grano

8.12.1.1 Color de grano

Se utilizó escala Munsell (Anexo)

1 Amarillo

2 Amarillo naranja

3 Naranja

4 Naranja rojizo

5 Rojo

6 Rojo púrpura

7 Púrpura

8 Púrpura violeta

9 Violeta

10 Negro

11 Otro

8.12.1.2 Rendimiento

1 Cereza a pergamino (kg /ha).

2 Pergamino a oro (kg /ha).

8.13 Características organolépticas

8.13.1.1 Acidez

3 Baja

5 Intermedia

7 Alta

8.13.1.2 Amargor

3 Bajo

5 Intermedio

7 Alto

8.13.1.3 Astringencia

3 Baja

5 Intermedia

7 Alta

8.13.1.4 Valor de la bebida

3 Malo

5 Intermedio

7 Bueno

8.13.1.5 Apariencia

3 Mala

5 Regular

7 Buena

8.13.1.6 Tamaño

1 Disparejo

3 Pequeño

5 Mediano

7 Grande

8.13.1.7 Secamiento

1 Malo

3 Bueno

8.13.1.8 Olor

1 Normal

2 Terroso

3 Sucio/terroso

8.13.1.9 Defectos

1 Presente

0 Ausente

8.13.1.10 Calidad

1 Malo

3 Regular

5 Bueno

8.13.1.11 Apariencia

1 Quacker

3 Disparejo

5 Ópaco

8.13.1.12 Tipo

1 Semiduro

3 Duro

5 Estrictamente duro

8.14 Determinación del rendimiento de los 50 genotipos de café

De la parcela de observación que consta de 20 plantas, se realizaron cosechas selectivas de frutos maduros. Se hizo de forma individual, por genotipo promisorio para establecer su rendimiento y se determinó su peso en cereza, peso en pergamino y peso en oro.

8.15 Análisis de características organolépticas del grano de café

Este se realizó para los materiales promisorios de café y donde se tenga buena disponibilidad de grano. Se realizó en el laboratorio de catación de ANACAFE. Las variables que se contemplan son las siguientes:

8.15.1.1 Análisis de granulometría

Se midió a partir de zaranda 14 a 18 y volumen re rechazo.

8.15.1.2 Análisis físico de grano verde de café

Secamiento (aspecto, calidad, proceso) Olor (calidad y defectos) y Color (calidad) y defectos predominantes.

8.15.1.3 Análisis físico de grano tostado de café

En el análisis físico de grano de café tostado se estudiaron las variables: Calidad, Homogeneidad, Carácter, Coloración y presencia de Quakers.

8.15.1.4 Análisis de taza

Las variables correspondientes a calidad de tasa contempladas fueron: fragancia, aroma, acidez, cuerpo, dulzura, sabor, herbáceo, astringencia, tipo y taza.

Análisis de características de densidad de grano de café: peso oro, volumen oro, peso tostado, volumen tostado, densidad aparente oro g/l, densidad aparente tostado g/l, rendimiento tostado e hinchamiento.

Tabla 2 Escala utilizada en la evaluación de características organolépticas.

| POSITIVAS | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| 1. Leve | 1. Leve | 1. Suave | 1. Delgado | 1. Leve | 1. Insípido |
| 2. Moderada | 2. Moderada | 2. Moderada | 2. Moderado | 2. Moderada | 2. Suave |
| 3. Fragante | 3. Aromático | 3. intensa | 3. Lleno | 3. Intensa | 3. Moderado |
| | | 4. Pronunciada | | 4. Pronunciada | 4. Pronunciado |
| | | | | | |
| NEGATIVAS | | | TAZA FINAL | | |
| 0. Nulo | 0. Nula | | Prima Lavado | Sano | |
| 1. Leve | 1. Leve | | Extra Prima Lavado | Defectuoso | |
| 2. Moderado | 2. Moderado | | Semi Duro | | |
| 3. Pronunciado | 3. Pronunciado | | Duro | | |
| | | | Estrictamente Duro | | |

Fuente: ANACAFÉ (2008)

9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

9.1 Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a plagas y enfermedades

Se realizó haciendo gráficas del desarrollo de la plaga o enfermedad según registro de información. En el caso de enfermedades se elaboraron y analizaron las curvas de progreso de la enfermedad, analizando el área bajo la curva para cada enfermedad que pueda ser registrada.

9.1.1 Caracterización morfológica de 50 genotipos promisorios de café

Se hizo un análisis de agrupamiento ayudado con la realización de una matriz de similitud. Se obtuvieron los coeficientes de correlación y el grado de asociación. Finalmente, se elaboró un fenograma con los datos de las características morfológicas de los 50 genotipos de café, más el testigo de la finca, donde se pudo apreciar los grupos basados en caracteres morfológicos.

Los datos obtenidos de la caracterización morfológica y agronómica fueron analizados utilizando el programa EXCEL, XLSTAT (2007). Se realizó un análisis exploratorio a través de los estadísticos descriptivos (media, coeficiente de variación, valor mínimo y máximo) para tener una visión general sobre la variabilidad de las características cuantitativas a nivel de los genotipos promisorios en finca las Flores, Santa Rosa. Luego, se realizó un análisis de correlación entre todas las variables cuantitativas con la finalidad de detectar variables altamente correlacionadas ya sea en forma positiva o negativa.

Para agrupar los 50 genotipos promisorios de café en grupos fenotípicos de máxima similitud con respecto a las variables estudiadas se utilizó EXCEL, XLSTAT (2007), donde se realizó un análisis multivariado mediante el análisis de conglomerado jerárquico utilizando el algoritmo de Pearson y la distancia Euclídea al medio.

La caracterización de cada uno de los grupos fenotípicos identificados se realizó a través del método de análisis de componentes principales (ACP) este análisis se realizó con la finalidad de identificar las características de mayor y de menor variación dentro de cada grupo fenotípico.

Para facilitar los análisis se consideraron dos grupos de características: morfológicas y agronómicas (Cuadro 6).

Posteriormente con la información tomada en campo y auxiliándose de software estadístico EXCEL, XLSTAT (2007), se realizaron análisis de componentes principales y conglomerados para identificación de grupos fenotípicos con características similares.

Para el análisis de conglomerados, se formaron grupos con los genotipos estudiados, basándose en la matriz de similitud donde existen variables que están altamente correlacionadas, con esta información obtenida se realizó un análisis de componentes principales (ACP) previo al análisis de

conglomerados (CAJ), dónde con el menor número de variables se explique el agrupamiento de los genotipos promisorios, el cual se realizó con las variables cuantitativas.

Cuadro 6 Características cuantitativas utilizadas en la selección de genotipos promisorios de café en Finca Las Flores, Santa Rosa.

| Variables agronómicas | Variables morfológicas |
|---|-------------------------------|
| Diámetro de tronco | Número de hojas por rama |
| Altura de planta | Longitud de la hoja |
| Posición de las ramas plagiotrópicas, respecto al eje ortotrópico | Ancho de la hoja |
| Número de ramas plagiotrópicas por rama | Área de la hoja |
| Longitud de ramas plagiotrópicas por rama | Longitud del pecíolo |
| Número de hojas por rama | Longitud del fruto |
| Incidencia cercospora | Ancho del fruto |
| Incidencia antracnosis | Longitud de la semilla |
| Incidencia minador | Ancho de la semilla |
| Incidencia broca | |

9.1.2 Análisis de rendimiento

Se realizó la conversión para cada categoría de café (cereza, pergamino y oro). Conversión de quintales de café obtenidos por hectárea para cada genotipo y de acuerdo a este inciso y los demás, determinando cual o cuales genotipos son los que tienen mejores características. De tal manera, el rendimiento se realizó por cosecha del segundo y tercer año de los mismos.

9.1.3 Características Organolépticas y de grano

Se basó en los resultados del laboratorio de ANACAFE.

10 RESULTADOS

10.1 Selección de genotipos promisorios de café con resistencia a las plagas y enfermedades más importantes en la finca las Flores, Santa Rosa.

Durante el período 2009-2011, las plagas y enfermedades que se presentaron en la parcela experimental en finca Las Flores, Santa Rosa; fueron: Cercospora amarilla y negra ocasionadas por *Cercospora* spp. (Gráficas 2-3). Antracnosis ocasionado por *Colletotrichum gloeosporioides* (Gráfica 4) que se observó en las ocasiones que se hicieron las visitas de campo. La roya del café se presentó en algunos genotipos de café en el período seco (Gráfico 5), no se observaron plantas o genotipos afectados con mal de viñas y broca. Las enfermedades que se presentaron con mayor incidencia fueron cercospora amarilla y antracnosis. Para el caso de plagas, se observó minador (*Perileucoptera coffeella*). La incidencia de minador se presentó en los meses de época seca, tal como se presenta en la gráfica 6.

A continuación se hace una descripción detallada de cada enfermedad y plaga anteriormente indicada.

10.1.1 Incidencia de cercospora amarilla

Cercospora amarilla fue la enfermedad que más se observó en todos los genotipos promisorios de café evaluados en finca las Flores, en Santa Rosa, durante el período en que se hizo el estudio (noviembre 2009 a diciembre 2011). En la cuantificación realizada, la menor incidencia de cercospora fue 10% y se presentó en los meses de julio a agosto (Gráfico 2) y el mayor valor de incidencia fue 20% y se presentó en los meses de noviembre a febrero de cada año estudiado. De acuerdo a Chalfoun (1997), esta enfermedad aparece más en época seca y cafetales estresados. Los genotipos promisorios que presentaron menor porcentaje de incidencia de cercospora fueron los identificados con los números 14, 41, 46 y 49 (Cuadro 5). En general, la severidad observada en los genotipos caracterizados fue de ausencia de lesiones a pocas lesiones en las hojas, con valores 1 y 2 de acuerdo a la escala utilizada. En el caso del testigo local que fue la variedad Caturra, los valores de incidencia permanecieron constantes en toda la evaluación, el nivel de incidencia fue de 30% que es superior a los encontrados con los genotipos promisorios caracterizados y con severidad nota 3 de acuerdo a la escala utilizada, es decir se observaron lesiones en hojas y algunos frutos. Los genotipos de café más afectados fueron los que estaban situados con alta incidencia de radiación solar, debido a la sombra asociada en la parcela, indicando que el hongo es favorecido por las altas temperaturas, de ahí que sea más destructivo

en los meses secos y clima cálido desarrollándose mejor en condiciones de luz solar (Agrios, 1999).

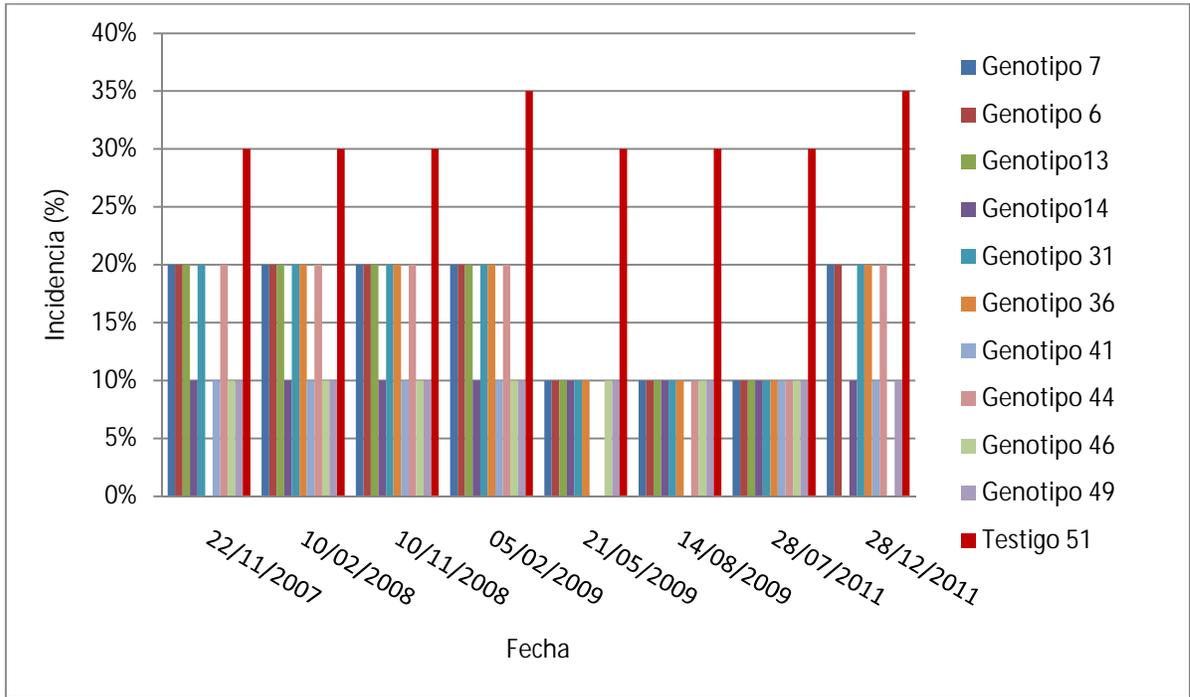


Gráfico 2 Comportamiento de incidencia con *Cercospora* amarilla en cafetos de segundo y tercer año.

10.1.2 Incidencia cercospora negra

La incidencia de cercospora negra estuvo presente con menor porcentaje en todos los genotipos promisorios de café contemplados para esta caracterización en finca las Flores, Santa Rosa. Se presentó durante la época lluviosa y en noviembre y diciembre. Los genotipos promisorios que presentaron menor porcentaje de incidencia de cercospora con valor de 10% fueron los identificados con los números: 13, 14, 31, 41, 44, 46 y 49. El porcentaje máximo de incidencia 20%, valores que son considerados bajos (Gráfico 3). Los genotipos que no presentaron esta enfermedad fueron los genotipos identificados con los números 6, 7, 36 y 46. En el testigo los valores de incidencia superaron el 20% (Gráfico 3). En general, esta enfermedad es importante en época lluviosa y ocasiona defoliación.

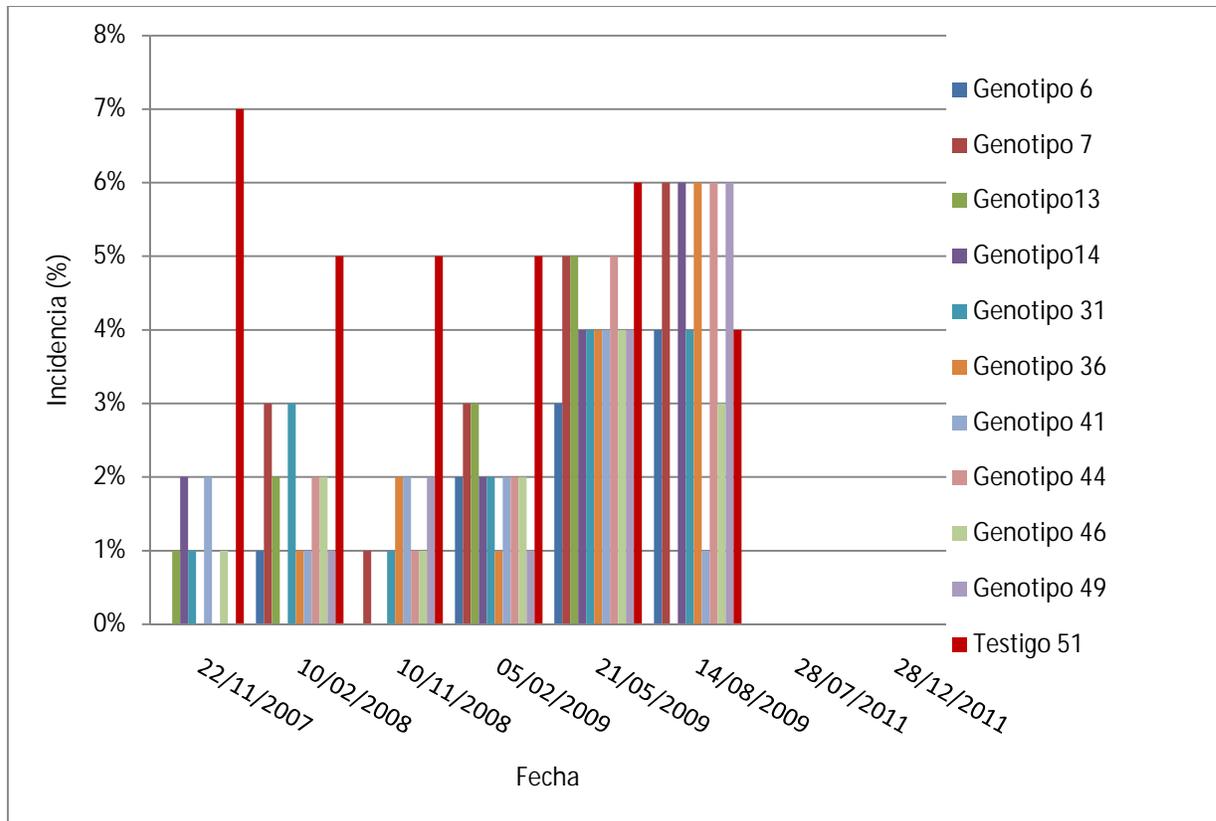


Gráfico 3 incidencia de *Cercospora* negra en finca Las Flores, Santa Rosa.

10.1.3 Incidencia antracnosis

La incidencia de antracnosis se observó durante todo el periodo en que se hizo el estudio (noviembre 2009 a diciembre 2011) y se manifestó en todas visitas de campo cuando se realizaron las lecturas de enfermedades. La incidencia de antracnosis se mantuvo por debajo del 20% (Gráfico 4). En las primeras lecturas de esta enfermedad, la incidencia se observó debajo del 10%. Sin embargo, a partir de julio y agosto la incidencia de la enfermedad aumentó y alcanzó valores del 20%, que coincide en la época lluviosa. Esto es debido a que la presencia de agua es fundamental para el desarrollo de esta enfermedad. Permite la dispersión de estructuras del hongo y ayuda en los procesos de patogénesis. Así, se menciona que temperaturas de 20 a 30°C, así como la humedad relativa de 80% o más, son muy favorables para el desarrollo de la enfermedad (Gutiérrez, 2003). Por otro lado, los meses de menor incidencia fueron noviembre, diciembre y enero, con valores del 10% de antracnosis y este valor corresponde a los meses donde no hay precipitación en la región donde se hizo la evaluación.

Los genotipos que no presentan resistencia de antracnosis son los identificados con los números 41 y 46 (Gráfico 4), los genotipos que presentaron menor porcentaje de incidencia de antracnosis

fueron los identificados con los números: 7 y 36 (Gráfico 4). El único genotipo promisorio de café que presentó un valor de incidencia del 20% corresponde al identificado con el número 36 (Gráfico 4). La incidencia de esta enfermedad afectó en genotipos donde se observaron plantas con deficiencias nutricionales, plantas atacadas por plagas y otras enfermedades y sembradas a plena exposición solar, donde sufrieron de mayor estrés.

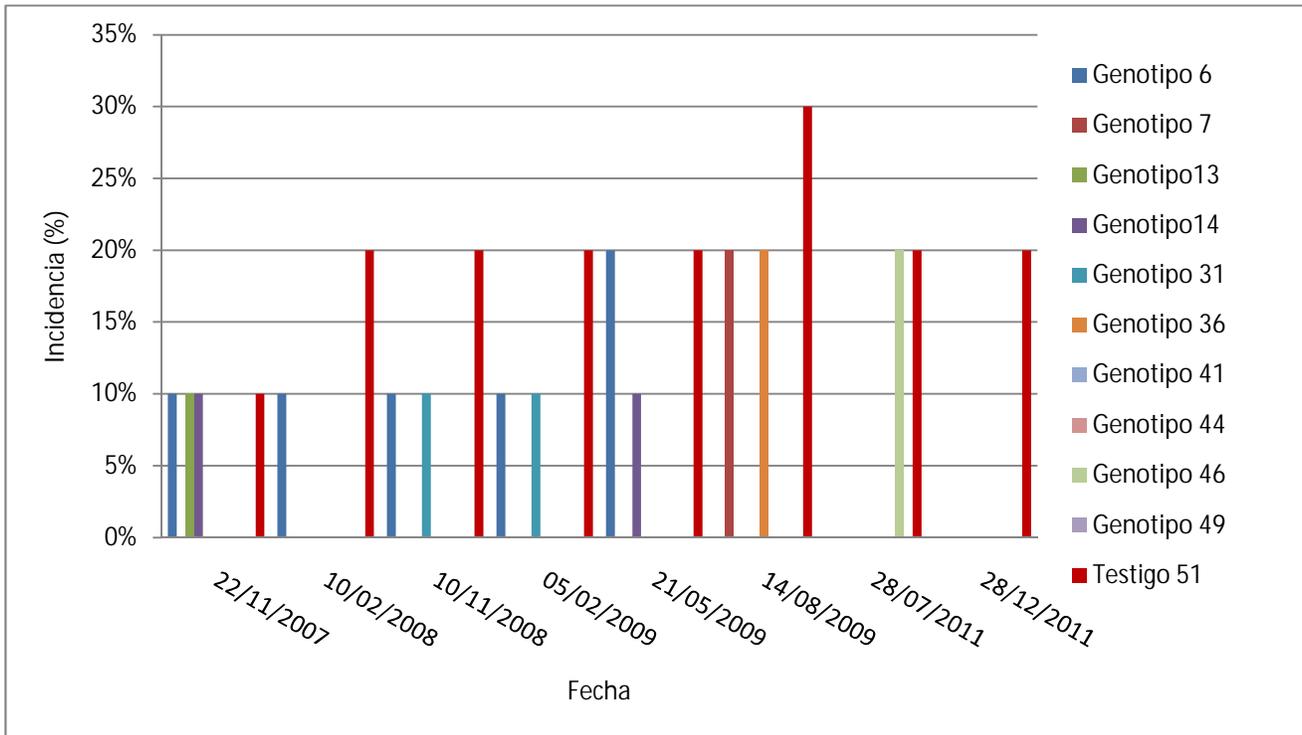


Gráfico 4 incidencia antracnosis agente causal *Colletotrichum gloeosporioides* en parcela con 50 genotipos promisorios de café, finca las Flores, Santa Rosa en cafetos de segundo y tercer año.

10.1.4 Incidencia de roya

La incidencia de roya ocasionada por *H. vastatrix*, alcanzó la mayor incidencia en el mes de diciembre con 30% (Gráfico 5). Dentro de los genotipos promisorios seleccionados que fueron 10, los identificados con los números: 6, 31 y 36 (Cuadro 5), son considerados susceptibles a esta enfermedad dado que se observó 30% de incidencia de roya en estos materiales. Esto es debido porque dentro de la procedencia de los genotipos se encuentra Catuaí 62 y 99, variedades que presentan susceptibilidad a esta enfermedad, con severidad 3 de acuerdo a la escala utilizada. En contraste, se encontró resistencia en 7 genotipos promisorios de café identificados con los números: 7, 13, 14, 41, 44, 46 y 49 (cuadro 5) se consideran materiales resistentes a la roya del café, por lo que amerita evaluarlos en otras condiciones ambientales en el país. En el testigo local que fue variedad Caturra, se cuantificó 35% de incidencia de roya, considerado un valor elevado

comparado con los genotipos susceptibles a roya (6, 31 y 36) (Gráfico 5). Así mismo, se realizó una comparación con las variedades Tupí y Obata, cultivadas adyacente al ensayo, en donde se observó que presentan resistencia genética a roya. La variedad Oro verde, que es una cruce de Catuaí y Mundo Novo presentó susceptibilidad a esta enfermedad.

La enfermedad se presentó con mayor intensidad en la época de cosecha y postcosecha, cuando la planta se encuentra estresada debido a la producción anterior. Se indica que el desarrollo de la enfermedad puede ser afectado por lluvias fuertes y prolongadas (Guharay et al. 2000). Otro factor determinante e importante es el ataque de la roya que se ve favorecido en cafetales muy sombreados con exceso de humedad o en cafetales desnutridos expuestos a pleno sol. La alta producción de café también causa debilitamiento, por el excesivo consumo de nutrientes y provoca predisposición del café al ataque de roya (Figuroa et al.; 1996, Beer et al.; 1998). Avelino et al. (1999), afirma que la curva de desarrollo de la enfermedad está relacionada a cinco fases principales: la lluvia, la temperatura, la carga fructífera, la época de cosecha y el inóculo residual.

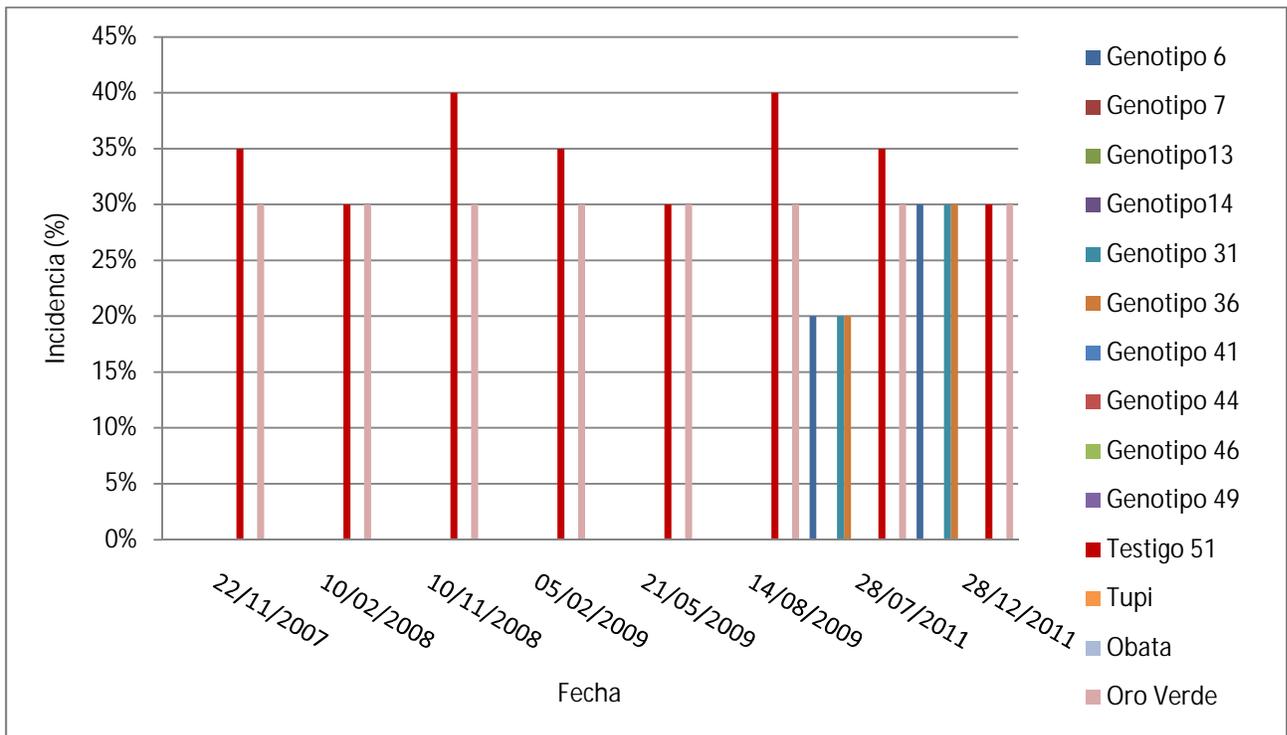


Gráfico 5 Comportamiento de incidencia roya agente causal *Hemileia vastatrix* en parcela con 50 genotipos promisorios de café, finca las Flores, Santa Rosa en cafetos de segundo y tercer año en parcela con 50 genotipos promisorios de café, finca las Flores, Santa Rosa, período 2007-2011

10.1.5 Incidencia minador

La incidencia de esta plaga se presentó en todo el período de evaluación que corresponde de noviembre 2009 a diciembre 2011. Esta plaga se encontró de enero a mayo de cada período evaluado y parte de la época lluviosa que corresponde al mes de agosto, coincidiendo éste con la canícula período seco entre las lluvias. En la literatura se menciona que esta es una plaga de época seca y se desarrolla ambiente caluroso (Figuroa *et al.*, 1999). Los genotipos que alcanzaron los valores máximos del 20% de incidencia fueron los genotipos identificados con los números: 36 y 44 (Cuadro 5). El resto de genotipos presentaron incidencia con el valor del 10%, identificado con los números: 6, 7, 13, 14, 31, 41, 46 y 49 (Cuadro 5).

Según los resultados, la incidencia de minador en el ensayo de genotipos promisorios de café aumentó entre febrero a mayo (Gráfico 6) coincide con la etapa vegetativa del café, además, en éstos meses hay altas temperaturas y alta humedad relativa, que propicia ambiente ideal para el aumento de las poblaciones de minador. El daño es generalmente en plantaciones de café sin sombra. Se indica que bajo sombra el daño es menor (Sequeira e Hidalgo, 1979).

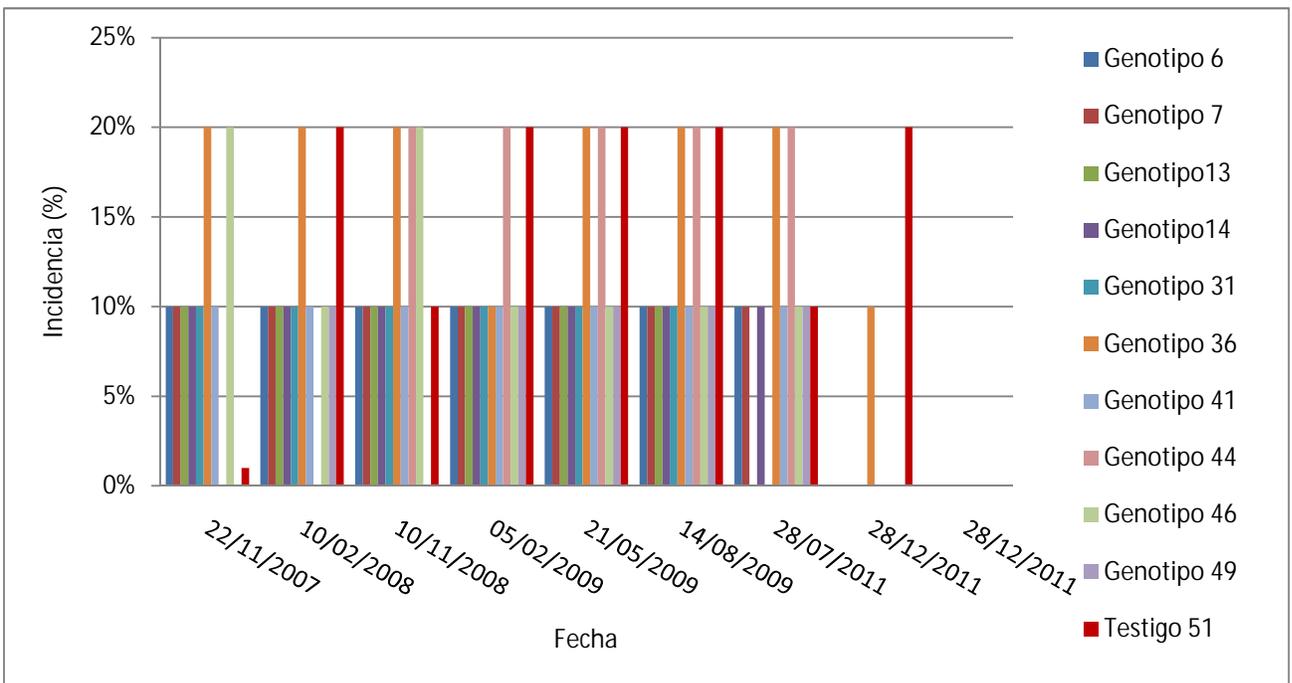


Gráfico 6 Incidencia de minador (*Perileucoptera Coffeella*) en la evaluación de 50 genotipos promisorios de café de dos a tres años de establecidos, finca las Flores, Santa Rosa, 2009-2011.

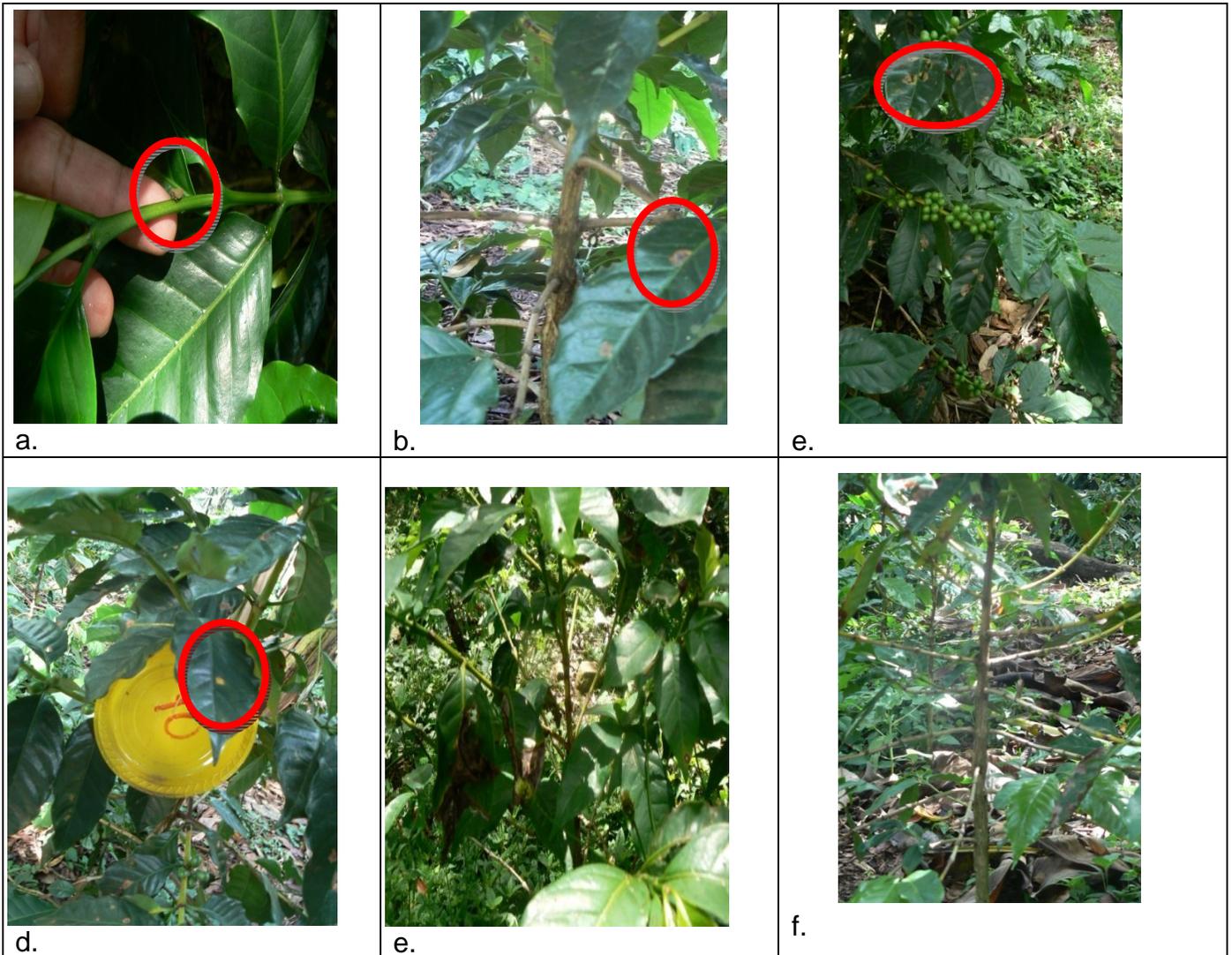


Figura 1 Secuencia de actividades efectuadas en el ensayo de genotipos de café en finca Las Flores, en cafetos de segundo año. A) presencia del insecto *Perileucoptera coffella* b y c) Síntoma de minador en hojas en genotipos promisorios, d) Incidencia de Cercospora amarilla en genotipo promisorio 10. e y f) Incidencia de antracnosis en hojas de genotipos. Finca las Flores, Santa Rosa, 2009-2011.

10.2 Caracterización morfológica y agronómica de 50 genotipos de café en finca las Flores, Santa Rosa.

Las características cualitativas presentaron variabilidad fenotípica entre los genotipos promisorios de café en finca las Flores, Santa Rosa. En base al orden del descriptor de la planta de café adaptado y que se presenta en la metodología, a continuación se indican las principales características observadas en los 10 genotipos promisorios de café caracterizados.

1. Parte vegetativa: para la posición de las ramas plagiotrópicas se encontraron dos estados 0 grados que corresponden a los genotipos identificados con los números: 6, 7, 13, 14, 31, 36, 41,44 y 46 (Cuadro 5). Y para la posición de 45 grados únicamente 2 genotipos fueron encontrados identificados con los números: 43 y 49 (Cuadro 5). Para la arquitectura de planta se presentaron dos estados piramidal y cónico. En el estado piramidal corresponden los genotipos identificados con los números: 6, 7, 44 y 46 (Cuadro 5). Y para el estado cónico se encuentran los genotipos identificados con los números: 13, 14, 31, 36,41 y 49. Para la variable vigor de las planta, se presentaron tres estados (regular, bueno y muy bueno). Para el estado vigor (regular) corresponden los genotipos de café identificados con los números: 6 y 46 (Cuadro 5). El estado vigor (bueno) corresponden los genotipos identificados con los números: 36,41 y 49(Cuadro 5). Y para el estado vigor (muy bueno) corresponden los genotipos de café identificados con los números: 7, 13, 14, 31 y 44 (cuadro 5). Para la variable forma de la estípula todos los genotipos de café presentaron la forma (oval). La variable color de la hoja joven se encontraron dos estados verde y bronceada. Los genotipos de café que corresponden a la variable color de la hoja joven (verde) son los identificados con los números: 13, 14,31, 46 y 49(Cuadro 5). Para el variable color de la hoja joven (bronceada) los genotipos de café que corresponden son los identificados con los números: 6, 7, 36,41, 44 (Cuadro 5).
2. Inflorescencia y floración: para la inflorescencia se encontraron dos estados medios y abundantes. Para la variable inflorescencia (media) los genotipos promisorios que corresponden a este estado son los identificados con los números: 6,7, 36 y 41 (Cuadro 5). Para la inflorescencia (abundante) los genotipos de café que pertenecen a esta categoría son los identificados con los números: 13, 14, 31, 44,46 y 49 (Cuadro 5). Para la variable posición de la inflorescencia únicamente se presento el estado axilar, para todos los genotipos promisorios de café.
3. Fruto: para el color del fruto se encontraron dos estados rojo y amarillo. Los genotipos de café que presentaron color amarillo son los identificados con los números: 13, 14, 36, 41,

44, 46 y 49 (Cuadro 5). Los genotipos de café que presentaron color rojo son los identificados con los números: 6,7 y 31 (Cuadro 5). La variable forma del fruto se encontraron dos estados redondeados y obovados. Para el estado forma del fruto (redondeada) se encuentran los genotipos de café identificados con los números: 6, 7, 13, 14, 41, 44, 46 y 49 (Cuadro 5). Para la variable forma del fruto (obovada) se encuentran los genotipos de café identificados con los números: 31 y 36 (Cuadro 5).

4. Semilla: para el color de la semilla se presentó el color amarillo para todos los genotipos de café evaluados en esta investigación; identificados con los números: 6, 7, 13, 14, 31, 36, 41, 44, 46 y 49 (Cuadro 5). Para la variable forma de la semilla se presentaron dos estados redonda/obovada, para todos los genotipos de café evaluados en finca Las Flores, Santa Rosa.

En las características agronómicas cuantitativas evaluadas (Cuadro 7), se determinó coeficientes de variación (CV) menores de 0.2%, mientras que las morfológicas, excepto peso cereza en la primera cosecha el CV= 0.065 y peso seco primera cosecha CV= 0.068, para las demás variables los CV fueron mayores a 0.6%. Los CV para semillas por libra fueron 2.345 y para la cantidad de semillas para tercera cosecha el CV fue 1.447. Los coeficientes de variación con valores más altos fueron ancho de hoja con 2.53 y semillas por libra con 2.345. Estos valores de CV indican que los genotipos promisorios de finca las Flores, Santa Rosa presentan poca variabilidad en las características morfológicas y en las características agronómicas (Cuadro 6). Esto es debido a su genética estrecha, son materiales seleccionados en fase F7, lo que indica que su fenotipo es bastante estable y estas casi listas para ofrecer a los agricultores.

Por otro lado, tres descriptores morfológicos cualitativos consistentes en: presencia de ramas secundarias en ramas plagiotrópicas, forma del ápice de la hoja y posición de la inflorescencia; presentaron un solo estado para todos los genotipos promisorios por lo que no fueron considerados para los análisis.

Cuadro 7 Estadísticos descriptivos para las características cuantitativas utilizadas para selección de 50 genotipos de café en finca Las Flores, Santa.

| | Característica cuantitativa | Mínimo | Máximo | Media | Coefficiente de variación |
|---------------------|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------------|
| Agronómicas | Diámetro del tronco mm | 9.330 | 20.830 | 14.541 | 0.160 |
| | Altura de planta 2do año | 54.137 | 97.524 | 74.620 | 0.126 |
| | Altura 3er año | 123.167 | 236.000 | 161.840 | 0.169 |
| | Número de ramas plagiotrópicas | 5.000 | 11.000 | 7.464 | 0.179 |
| | Longitud de las ramas plagiotrópicas, medida de la parte media | 38.000 | 102.000 | 56.000 | 0.200 |
| | Número de hojas por rama | 4.000 | 9.500 | 6.154 | 0.188 |
| Morfológicas | Largo de hojas (cm) | 15.370 | 18.130 | 15.013 | 0.697 |
| | Ancho de hojas (cm) | 7.002 | 8.280 | 6.785 | 2.535 |
| | Área de hoja (cm) | 84.070 | 106.000 | 89.006 | 0.823 |
| | Longitud del pecíolo(cm) | 0.750 | 0.890 | 0.840 | 1.732 |
| | Longitud del fruto (mm) | 10.400 | 14.300 | 13.02 | 0.962 |
| | Ancho del fruto (mm) | 10.100 | 13.300 | 11.250 | 1.732 |
| | Longitud de la semilla (cm) | 0.570 | 0.730 | 0.643 | 1.168 |
| | Ancho de la semilla (cm) | 0.370 | 0.410 | 0.329 | 3.464 |
| | Peso cereza 1era cosecha | 13.790 | 18.830 | 16.273 | 0.065 |
| | Peso seco 1era. cosecha (g) | 6.560 | 8.740 | 7.541 | 0.068 |
| | Semillas por peso 1era cosecha | 72.024 | 127.778 | 96.733 | 0.127 |
| | Peso seco 2da. cosecha (g) | 64.590 | 1218.01 | 518.00 | 0.091 |
| | Semillas por peso 2da cosecha | 0.0293 | 1839.50 | 372.61 | 0.791 |
| | Peso 3era. cosecha (g) | 126.000 | 1529.18 | 7.250 | 1.732 |
| | Semillas por 3era cosecha | 0.020 | 196.00 | 42.083 | 1.168 |
| | Semillas por libra | 12.700 | 1450.10 | 554.154 | 2.345 |

10.3 Grupos fenotípicos dentro de los genotipos promisorios de café en finca las Flores, Santa Rosa.

Para la selección de los 10 mejores genotipos promisorios de café en el segundo de producción de café en finca las Flores, Santa Rosa, se llevaron a cabo dos fases: fase de campo y fase de gabinete. En la fase de campo se efectuó selección de genotipos promisorios, se utilizó como base el fenotipo y se analizaron las características de: vigor, altura de planta, arquitectura de planta, forma, cantidad y tamaño de fruto, resistencia a plagas y enfermedades. La selección la realizó un grupo de investigadores conocedores en agronomía, fitopatología y mejoramiento de café. En esta fase se seleccionaron 10 genotipos en campo, tomando en consideración: **híbrido 6** cruce 15-II-5

cv. 4; **híbrido 7**, cruce 6-IV-5 cv. 9, **híbrido** cruce CIA-1-41-19 cv.3, **híbrido 14** cruce CIA-31-6-16- cv.8; **híbrido 31** cruce H-140-3-41 cv.8; **híbrido 36** cruce H-145-17-17 cv.2, **híbrido 41** cruce CIA 1-41-23 cv.73; **híbrido 44** cruce CIA 1-41-23 cv.5; **la mezcla de líneas 46** compuesta de CIA mezcla de línea cultivar 178 y **la mezcla de líneas 49** CIA mezcla de línea cultivar 69 (Cuadro 5).

En la fase de gabinete, al concluir el análisis de componentes principales (ACP) se procedió a realizar el análisis de conglomerados (CAJ) dónde ocho factores explicaron el total de las variables en estudio con un valor del 82.079%.

Así mismo, el análisis estadístico proporcionó doce pares de características cuantitativas que presentaron una correlación significativa mayor a 0.7, por lo tanto se eligió sólo una de estas características para el análisis de clasificación. Asimismo, otros descriptores como forma del ápice de la hoja, forma del fruto y de la semilla, posición de la flor, forma de la estípula, color de la semilla; tampoco fueron considerados porque no representan relevancia desde el punto de vista agronómico.

Según el análisis de conglomerados de los 50 genotipos promisorios de la finca Las Flores, Santa Rosa, con base a 22 características cuantitativas (16 características morfológicas y 6 agronómicas) se encontraron 10 grupos fenotípicos diferentes agrupados (Cuadro 6).

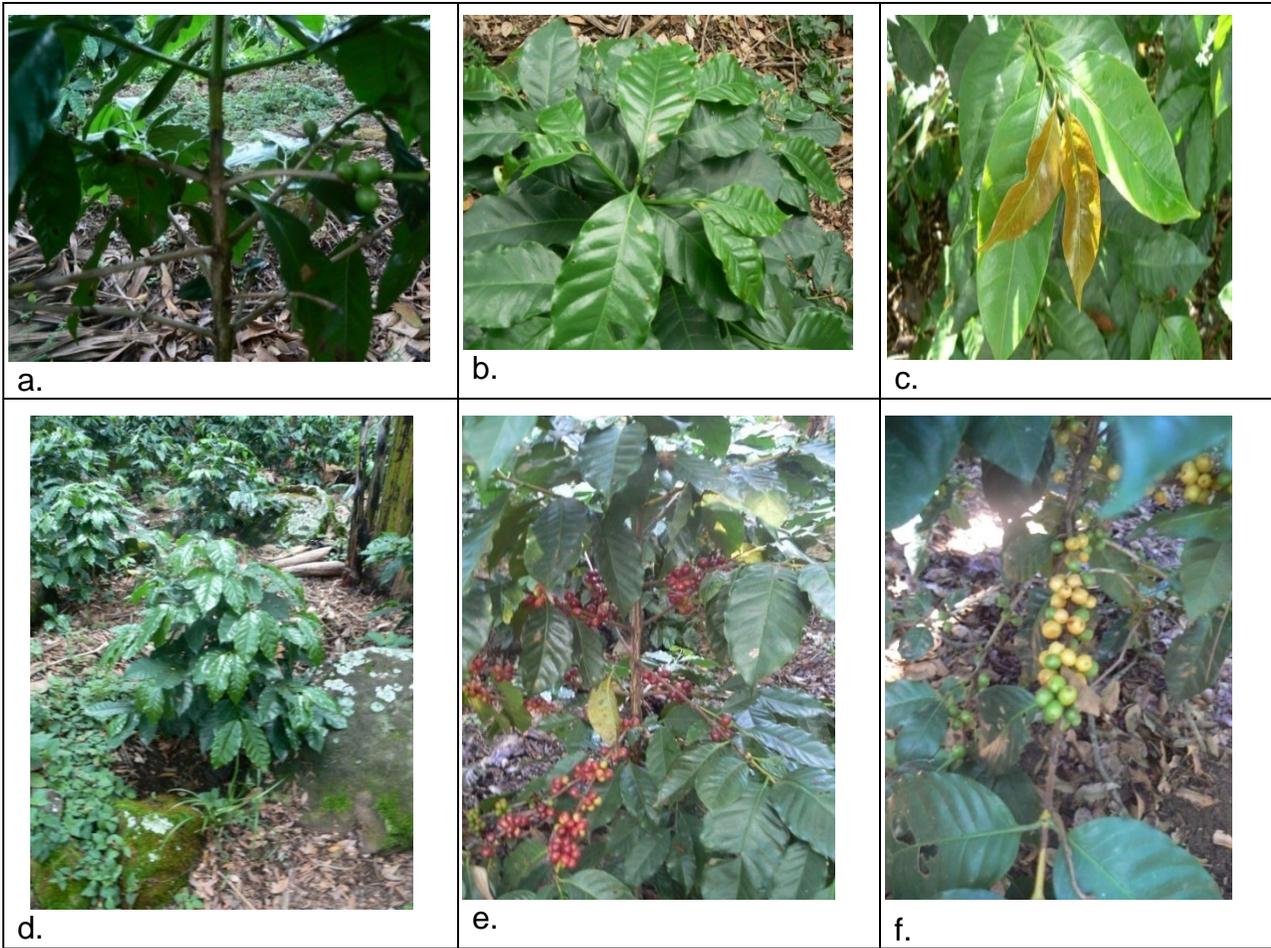


Figura 2 Secuencia de variables tomadas en el ensayo de genotipos de café utilizadas para descriptor en finca Las Flores, cafetos de segundo año, A) ángulo apertura de ramas plagiotrópicas en el eje ortotrópico, B) color de hoja madura (verde), C) Color de hoja joven (bronceada), D) Arquitectura de planta (arbustiva). E) Color de fruto maduro (rojo), F) Color de fruto maduro (amarillo).

10.4 Descripción de los dendogramas de genotipos promisorios de café

Para la interpretación del dendograma, se debe de conocer los genotipos promisorios de café previamente seleccionados y al grupo al cual pertenecen posteriores al análisis de conglomerados (CAJ) (Figura 5).

Cuadro 8 División de grupos de genotipos promisorios de café finca las Flores, Santa Rosa.

| Grupo | Genotipo |
|--------------|---|
| 1 | 2, 9, 17b, 19, 20, 21a, 21b, 25, 34b |
| 2 | 3, 4, 5a, 6* , 8, 10, 12, 16, 17a, 18, 22, 23a,24, 26b, 27, 29b, 32b, 33, 35b, 36* , 37a, 37b,38, 39, 40a, 40b, 45, 46* , 48, 50 |
| 3 | 7*, 31* |
| 4 | 13* |
| 5 | 14* , 15 |
| 6 | 23b |
| 7 | 41* , 43, 44* |
| 8 | 42, 51 |
| 9 | 47 |
| 10 | 49* |

*Fue seleccionado como genotipo promisorio durante la evaluación.

El dendrograma consta de 50 genotipos promisorios más el testigo variedad Caturra haciendo un total de 51. Estos genotipos presentan un total de 10 grupos, esto quiere decir que a medida que se incluyan más caracteres en el análisis de agrupamientos la similitud entre genotipos variara considerablemente, formando grupos más específicos.

En el dendrograma obtenido (Figura 4), se observan 10 grupos fenotípicos conformados y que presentan poca variabilidad genética entre los genotipos que lo conforman y esto se debe a que el conjunto de genotipos promisorios caracterizados existe parentesco entre las especies.

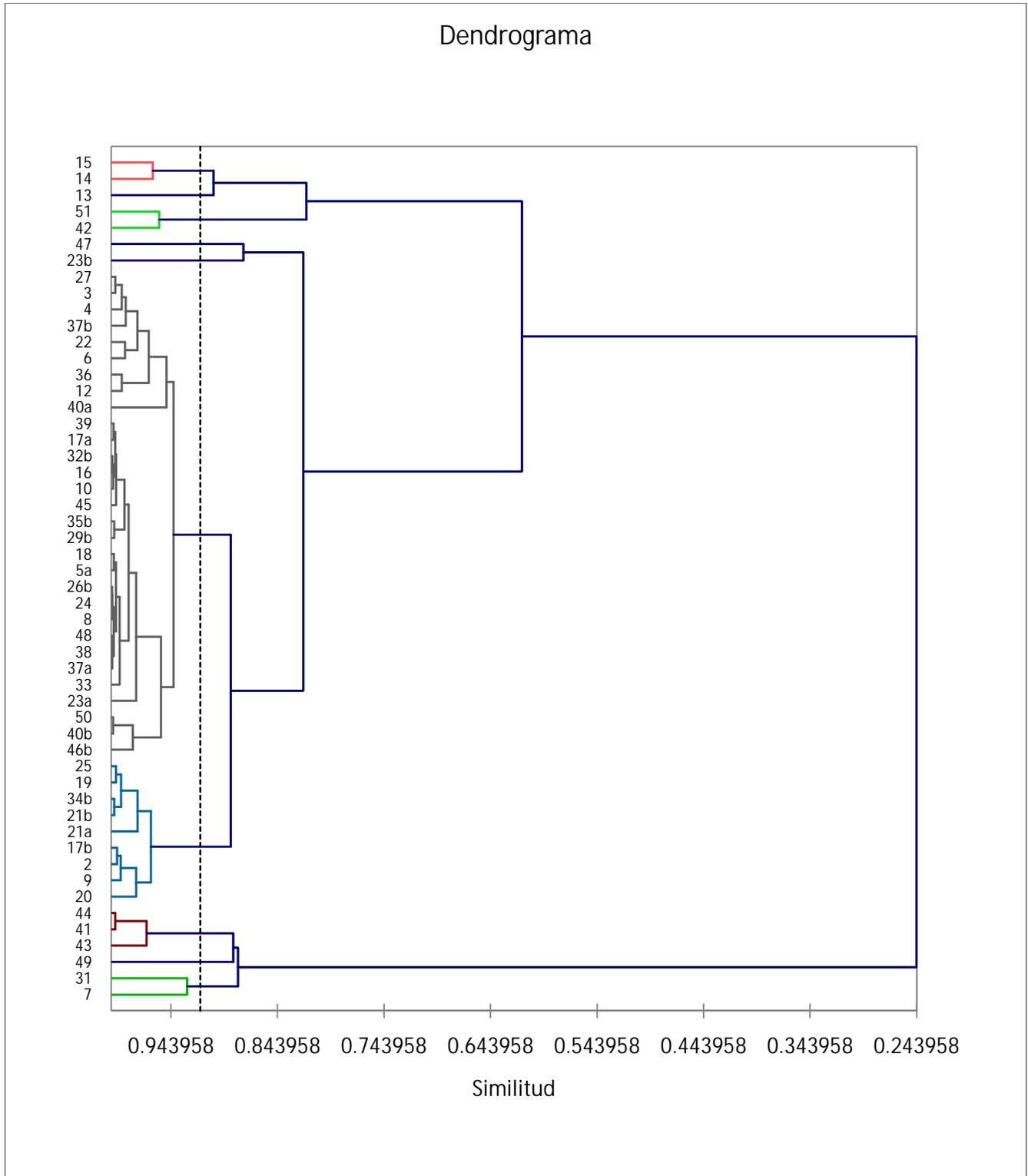


Figura 3 Dendrograma de clasificación fenotípica de 50 genotipos promisorios de café y la variedad caturra en finca las Flores, Santa Rosa (método de Pearson, distancia euclídea media) con datos provenientes de cafetos de segundo y tercer año de siembra.

10.4.1 Descripción de las características para cada grupo del dendograma

La descripción de variables semejantes para cada grupo formado en el análisis de conglomerados fue:

Grupo 2: es el más grande, agrupa 30 genotipos de café identificados con los números: 3, 4, 5a, 6, 8, 10, 12, 16, 17a, 18, 22, 23a, 24, 26b, 27, 29b, 32b, 33, 35b, 36, 37a, 37b, 38, 39, 40a, 40b, 45, 46, 48, 50 de los cuales 3 de ellos son seleccionados como genotipos promisorios y son identificados con los números: 6, 36 y 46 (Cuadro 5). Este grupo tiene el mayor número de características semejantes. Las características representativas son: número hojas por rama (7 hojas), longitud promedio del fruto (12.72 cms), longitud de semilla promedio (0.63 cms) y el peso promedio en la segunda cosecha (130.87 kg).

Grupo 3: representado por dos genotipos promisorios de café identificados con los números 7 y 31, cuyas características cuantitativas son altura de planta promedio para segundo y tercer año (80.99 cm), longitud promedio de ramas plagiotrópicas (48.5 cm), longitud promedio de pecíolo (0.825 cm) y ancho promedio de semilla (0.39 cm). Las características cualitativas la variable representativa es color de fruto (rojo).

Grupo 4: está representado únicamente por el genotipo 13, las características representativas son: diámetro de tallo (156.17 cm), altura segundo y tercer año (76.09 cm), número de hojas por rama (6), largo de hojas (15.5 cm), ancho de hojas (7.22 cm), peso en cereza (0.336 kg) y en cuanto al color del fruto este es color amarillo. Presentando una alta producción de semilla (1194.59 semillas/libra) en el segundo año de producción.

Grupo 5: posee características morfológicas similares al grupo 4, está conformado por los genotipos 14 y 15 (Cuadro 5), esto indica que están muy cercanos al grupo anterior; en cuanto al color del fruto son amarillos.

Grupo 7: comprende los genotipos promisorios de café identificados con los números: 41, 43 y 44 (Cuadro 5). La variable cualitativa color de fruto es amarillo, con una longitud promedio de fruto (12.86 cm), longitud promedio de semilla (0.59 cm), peso promedio en la segunda cosecha (0.250 kg) y rendimiento promedio en pergamino/oro para los tres años de estudio fue (4197.97 kg/ha) para las características cuantitativas representantes en este grupo. Con una altura promedio de 144.5 m

Grupo 10: este grupo está representado únicamente por el genotipo promisorio de café identificado con el número: 49 (Cuadro 5). Posee características morfológicas similares al grupo 7, a diferencia este grupo es menos rendidor y es de porte mucho más alto que los anteriores, el fruto es de color amarillo y su rendimiento en pergamino/ oro fue de (1409.67kg/ha).

1.1 Asociación de las variables cuantitativas

Para conocer el grado de asociación entre las variables cuantitativas se realizó una matriz de correlación utilizando el coeficiente de Pearson. Tomando como criterio los valores por encima de 0.70, ya que son las variables que están altamente correlacionadas y poseen semejanza entre ellas.

Con este criterio de selección se encontraron 12 asociaciones con el valor más alto que fue 0.955, que corresponde a las variables ancho de hoja con área de hoja, largo de hoja con área de hoja, número de hojas por rama con longitud de las ramas plagiotrópicas, ancho de hoja con largo de hoja, ancho de fruto con longitud de fruto, semillas de primera cosecha con peso en cereza primera cosecha y cantidad de semillas tercera cosecha con peso de tercera cosecha.

Cuadro 9 Descripción de las variables utilizadas en la Matriz de Correlación

| Nombre variable | Descripción |
|------------------------|--|
| Var1 | Diámetro del tronco mm |
| Var 2 | Altura de planta 2do año |
| Var 3 | Altura de planta 3er año |
| Var4 | Número de ramas plagiotrópicas por rama |
| Var5 | Longitud de las ramas plagiotrópicas, medida de la parte media |
| Var6 | Número de hojas por rama |
| Var7 | Largo de hojas (cm) |
| Var8 | Ancho de hojas (cm) |
| Var9 | Área de hoja (cm) |
| Var10 | Longitud del pecíolo(cm) |
| Var11 | Longitud del fruto (mm) |
| Var12 | Ancho del fruto (mm) |
| Var13 | Longitud de la semilla (cm) |
| Var14 | Ancho de la semilla (cm) |
| Var15 | Peso cereza 1era cosecha |
| Var16 | Peso seco 1era cosecha (gr) |
| Var17 | Semillas por peso 1era cosecha |
| Var18 | Peso seco 2da cosecha (g) |
| Var19 | Semillas por peso 2da cosecha |
| Var20 | Peso 3era cosecha (g) |
| Var21 | Semillas por 3era cosecha |
| Var22 | Semillas por libra |

10.5 Rendimiento en pergamino m² de 50 genotipos promisorios de café bajo las características edafoclimáticas de Santa Rosa en el segundo año de establecido en el campo.

| Genotipo | Cosecha 2009/2010 | | | | Cosecha 2010/2011 | | | | Rendimiento promedio |
|----------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|----------------------|
| | Peso cereza Kg. | Peso pergamino Kg | Peso Oro Kg | Rendimiento kg/ha | Peso cereza Kg. | Peso pergamino Kg | Peso Oro Kg | Rendimiento kg/ha | |
| 46 | 5.22 | 3.13 | 2.56 | 1281.42 | 19.17 | 10.55 | 8.63 | 4317.31 | 2799.37 |
| 14 | 5.44 | 3.27 | 2.68 | 1338.74 | 4.63 | 8.41 | 6.89 | 3442.68 | 2390.71 |
| 49 | 3.40 | 2.04 | 1.67 | 835.18 | 10.91 | 8.23 | 6.74 | 3368.25 | 2101.71 |
| 31 | 3.17 | 1.90 | 1.56 | 777.86 | 31.40 | 8.36 | 6.85 | 3424.07 | 2100.97 |
| 36 | 5.44 | 3.27 | 2.68 | 1338.74 | 7.60 | 6.73 | 5.51 | 2755.26 | 2047.00 |
| 7 | 4.76 | 2.86 | 2.34 | 1170.88 | 4.30 | 6.77 | 5.55 | 2772.75 | 1971.82 |
| 41 | 4.99 | 2.99 | 2.45 | 1224.11 | 8.93 | 6.41 | 5.25 | 2623.88 | 1923.99 |
| 13 | 4.99 | 2.99 | 2.45 | 1224.11 | 13.88 | 5.14 | 4.21 | 2102.83 | 1663.47 |
| 44 | 3.85 | 2.31 | 1.89 | 945.71 | 14.55 | 4.09 | 3.35 | 1674.82 | 1310.27 |
| 6 | 1.81 | 1.09 | 0.89 | 446.25 | 23.14 | 4.95 | 4.06 | 2028.39 | 1237.32 |
| 51 | 2.05 | 1.70 | 1.39 | 780.36 | 13.88 | 2.59 | 2.12 | 1060.35 | 920.35 |

Para el período 2008-2009 (Tabla 3) los mayores rendimientos corresponden a los genotipos: 13,14 y 49 (Cuadro 5) con rendimiento promedio de 1347 kg/ha; mientras que los genotipos con menores rendimientos fueron para los: 7 y 44 (Cuadro 5) con un rendimiento promedio de 1.86 kg/ha, comparado con el testigo variedad Caturra 5.53 kg/ha. Estos rendimientos son considerados bajos, dado que es la primera etapa de producción en el ensayo de los cafetos y por esta razón los cafetos no se encuentran en su período de mayor producción.

Para el período 2009-2010 (Tabla 3), con mayor producción fue para: 7, 13, 14, 36, 41, y 46 (Cuadro 5). En este grupo se incluye 6 de los genotipos promisorios de café con las mejores características evaluadas y el rendimiento promedio fue de 1263.00 kg/ha. En el caso de la variedad Caturra, que se utilizó como testigo local, presentó para esta temporada 870.36 kg/ha. Así mismo, los genotipos con menor rendimiento fue para los identificados con los números: 6, 31, 44 y 49 (Cuadro 5) con un rendimiento promedio 751.25 kg/ha para el ciclo productivo 2009-2010. El genotipo con mejor rendimiento es el identificado con el número: 14 y 36 con un rendimiento igual a 1338.74 kg/ha, en cafetos de segundo año de producción.

Para el ciclo productivo 2010-2011(Tabla 3), el comportamiento de los genotipos de café varió considerablemente; incrementando 1904.72 kg/ha del ciclo productivo 2009/2010 al 2010/2011. El rendimiento promedio para los genotipos promisorios de café es de 3243.46 kg/ha. Los

genotipos con los mayores rendimientos son los: 6,7,14,31,36,41,46 y 49(Cuadro 5) incluyendo 8 genotipos promisorios de café seleccionados con un rendimiento promedio de 3223.11 kg/ha. Los genotipos de café que presentan menor rendimiento promedio son los: 13, 44 y 49 (Tabla 3), con un rendimiento promedio de 1130.83 kg/ha, valor más elevado comparado con el testigo variedad Caturra de 1060.35 kg/ha. Datos representativos para las condiciones ambientales de finca Las Flores, Santa Rosa.

Por otro lado, los genotipos de café con rendimientos valor 0.00 kg/ha corresponden a los genotipos que son codificados altos, identificados con los números: 5a, 5b, 17a, 23a, 26a, 27, 34a, 35a, 37a (Tabla 3), estos genotipos no presentaron mayor variabilidad para los ciclos productivos 2008/2009-2009/2010, esto se debe a la heterogeneidad que presentan aún en la parcela experimental en finca Las Flores, Santa Rosa.

Los genotipos con mayores rendimientos en el período de estudio fueron los genotipos color amarillo: 46,14 y 49. Así mismo el genotipo color rojo con mayor rendimiento es el color rojo con 2100 kg/ha.

10.6 Características organolépticas deseables para los genotipos promisorios seleccionados de café.

Determinación de características organolépticas fue realizada únicamente para los genotipos promisorios de café seleccionados en Finca Las Flores, Santa Rosa en el año 2009. Fue efectuado tan solo para 8 muestras que corresponden a los genotipos 13, 14, 23 alto y bajo, 41, 43, 44 y 49 (Cuadro 5), donde hubo semilla debido al peso mínimo requerido en el laboratorio de catación de café en ANACAFÉ, el cuál es de un kilogramo. A partir de ese peso, fue realizado: análisis de granulometría, densidad y catación.

Basado en los resultados, hubo cuatro genotipos de café identificados con los números: 13, 14, 23a y 23b (Cuadro 11) con características de taza semi-duro (1067 a 1219 metros de altitud) y cuatro genotipos de café identificados con los números: 41, 43, 44 y 49 (Cuadro 11) con calidad duros (1219 a 1371 metros de altitud), esta es una calidad aceptable dada la altitud de 1100 m donde fueron cultivados. Generalmente, la mejor calidad de café se obtiene en altitudes mayores. Para los resultados de café verde, el 100% de las muestras catadas dieron que las semillas son de color amarillo, poseen defectos, secamiento bueno y calidad regular (Cuadro 11). El 87.5% de las muestras evaluadas dieron que el tamaño del grano de café es mediano y corresponden a los genotipos de café identificados con los números: 13, 14, 23b, 41, 43, 44 y 49 (Cuadro 11). En el caso de la variable apariencia del grano de café verde, el 87.5% de las muestras dieron que el

grano de café es regular y corresponden a los genotipos de café identificados con los números: 13, 14, 23a, 23b, 41, 43, 44 y 49(Cuadro 11). La variable apariencia de café (tostado) el 75% de los genotipos de café evaluados poseen quackers y son identificados con los números: 13, 14, 41, 43,44 y 49(Cuadro 11). El 50% de los resultados para las variables taza corresponden a áspera y de tipo semiduro e incluyen a los genotipos de café identificados con los números 13, 14, 23a y 23 b. El otro 50% de la taza corresponde a la variable taza amarga y tipo duro e incluyen a los genotipos de café identificados con los números: 41, 43, 44 y 49 (Cuadro 11).

Así mismo se realizó el análisis granulométrico en todas las zarandas que posee el laboratorio de ANACAFÉ, los resultados se muestran en el cuadro No.12.

Cuadro 10 Resultados de análisis de catación de café en laboratorio de ANACAFÉ para las 8 muestras de genotipos promisorios de café en finca Las Flores, Santa Rosa.

| GENOTIPO | VERDE | | | | | | TUESTE | | TAZA | TIPO |
|----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|---------|---------|------------|--------|----------|
| | Apariencia | Tamaño | Color | Defectos | Secamiento | Olor | Calidad | Apariencia | TAZA | TIPO |
| 13 | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Normal | Regular | Quacker | Áspera | Semiduro |
| 14 | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Terroso | Regular | Quacker | Áspera | Semiduro |
| 23b | Regular | Disparejo | Amarillo | Presentes | Bueno | Sucio | Regular | Disparejo | Áspera | Semiduro |
| 23a | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Sucio | Regular | Disparejo | Áspera | Semiduro |
| 41 | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Terroso | Regular | Quacker | Amarga | Duro |
| 43 | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Terroso | Regular | Quacker | Amarga | Duro |
| 44 | Buena | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Normal | Regular | Quacker | Amarga | Duro |
| 49 | Regular | Mediano | Amarillo | Presentes | Bueno | Sucio | Regular | Quacker | Amarga | Duro |

Cuadro 11 Resultados de análisis granulométricos en genotipos de café finca Las Flores, Santa Rosa.

| | Granulometría (g) | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 0 |
|----------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GENOTIPO | Peso | var 1 | var 2 | var 3 | var 4 | var 5 | var 6 | var 7 | var 8 |
| 13 a | 100.9 | 0.79 | 4.13 | 21.79 | 34.85 | 22.53 | 7.31 | 3.86 | 5.31 |
| 14 | 100.9 | 0.45 | 4.53 | 26.53 | 36.39 | 15.99 | 8.12 | 2.85 | 5.59 |
| 23b | 100.8 | 0 | 0.78 | 8.84 | 28.83 | 33.72 | 11.93 | 5.3 | 11.23 |
| 23a | 100.9 | 0.49 | 1.57 | 12.97 | 26.84 | 31.76 | 12.9 | 3.87 | 10.16 |
| 41 | 100.8 | 0.22 | 2.33 | 17.38 | 29.77 | 26.11 | 15.33 | 4.59 | 5.08 |
| 43 | 100.9 | 0.67 | 2.6 | 23.69 | 31.61 | 21.79 | 9.35 | 4.34 | 6.58 |
| 44 | 100.9 | 2.56 | 19.05 | 33.83 | 26.3 | 10.77 | 4.1 | 3.98 | 0 |
| 49 | 101 | 1.25 | 6.03 | 28.21 | 37.66 | 14.65 | 6.32 | 1.87 | 4.77 |

Para la variable densidad de café, no existió mayor diferencia entre las muestras obteniendo un promedio de 154 (Cuadro 13) para el café en oro. Obteniendo el valor más alto el genotipo de café identificado con los números 23a y 23b que corresponden a genotipos considerados segregantes. Para los genotipos promisorios de café identificados con los números 13, 14, 41, 44 y 49 el promedio de la densidad en grano oro fue de 142.83 (Cuadro 13). La diferencia de los granos de café reside en el origen botánico y en menor grado en su contenido de humedad el cual debe ser inferior al 12% para una buena conservación. Independientemente al factor agua, la densidad de los granos de café puede variar en función del estado de madurez en el momento de la cosecha, a los ataques parasitarios, alteraciones de los tejidos etc.

A continuación se muestran los resultados de densidad para 8 genotipos promisorios café en finca Las Flores, Santa Rosa.

Cuadro 12 Densidad de genotipos de café de finca las Flores, Santa Rosa.

| Genotipo | Densidad | | | |
|----------|------------|----------|-------------|----------|
| | Oro (100g) | Densidad | Tostado (g) | Densidad |
| 13 a | 100.13 | 143 | 80.61 | 246 |
| 14 | 100.12 | 142 | 83.15 | 240 |
| 23b | 100.12 | 158 | 83.66 | 256 |
| 23a | 100.08 | 150 | 84.2 | 255 |
| 41 | 100.05 | 146 | 84.57 | 240 |
| 43 | 100.12 | 142 | 83.46 | 242 |
| 44 | 100.12 | 142 | 83.45 | 248 |
| 49 | 100.12 | 142 | 84.03 | 248 |

11 CONCLUSIONES

- Los genotipos promisorios de café seleccionados por sus buenos caracteres agromorfológicos, resistencia a plagas y enfermedades fueron: híbrido **6** cruce 15-II-5 cv. 4; híbrido **7**, cruce 6-IV-5 cv. 9, híbrido cruce CIA-1-41-19 cv.3, híbrido **14** cruce CIA-31-6-16-cv.8; híbrido **31** cruce H-140-3-41 cv.8; híbrido **36 cruce** H-145-17-17 cv.2, híbrido **41** cruce CIA 1-41-23 cv.73; híbrido **44** cruce CIA 1-41-23 cv.5; **la mezcla de líneas 46** compuesta de CIA mezcla de línea cultivar 178 y **la mezcla de líneas 49** CIA mezcla de línea cultivar 69. Dichos genotipos presentaron 100% resistencia a broca, mal de viñas y 70% a roya del café.
- En el análisis de conglomerados se obtuvieron 10 grupos fenotípicos, cuyas variables determinantes fueron: área foliar, rendimiento (2do y 3er año de producción) y color de fruto. Hubo separación de genotipos amarillos de los rojos y se determinó baja variabilidad genética entre los grupos.
- Los genotipos de café con mayor potencial de rendimiento son de color amarillo, identificados con los números 46,14 y 49.
- Los genotipos promisorios de café seleccionados tienen gran potencial de rendimiento ya que en las dos primeras cosechas después de siembra (2009-2011) fue de 1954.66 kg/ha comparado con el testigo variedad Caturra con 920.35 kg/ha, existiendo un incremento de 52%.
- La calidad de café para los 8 genotipos evaluados en condiciones ambientales de finca Las Flores, Santa Rosa fue tipo semi-duro para y de taza áspera para el híbrido **13** cruce CIA-1-41-19 cv.3; híbrido **14** cruce cruce CIA-31-6-16- cv.8; híbrido **23a, 23b** cruce H-144-17-46 cv.1 y de tipo duro y taza amarga para los híbridos identificados con los números : híbrido **41** cruce CIA 1-41-23 cv.73, híbrido **43** cruce CIA 1-41-23 cv.45; híbrido **44** cruce CIA 1-41-23 cv.5 y **la mezcla de líneas 49** CIA mezcla de línea cultivar69. Por lo que las características organolépticas para los genotipos de café es semejante con la variedad Caturra testigo del estudio.

12 RECOMENDACIONES

- Continuar con el registro de información del ensayo de café en Barberena, Santa Rosa y establecer otros ensayos que incluyan los 10 genotipos de café seleccionados en esta investigación más los genotipos identificados: híbrido **3** cruce 28-II-2 cv. 12; híbrido **12** cruce 28-II-2 cv. 17 y mezcla de líneas **43** CIA 1-41-23 cv.45. Establecerlos en otras condiciones ambientales del país ya que presentaron buen potencial de rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades.
- En futuros trabajos de caracterización y selección, no es necesario evaluar las características: forma de la hoja, ápice de la hoja, forma del fruto y de la semilla, posición de la flor, forma de la estípula, color de la semilla porque no presentan variabilidad dentro del grupo de genotipos de café seleccionados.

13 Cronograma de actividades realizadas en el ensayo de café, Barberena, Santa Rosa, 2009-2010.

| Actividades | may-09 | | | | jun-09 | | | | jul-09 | | | | ago-09 | | | | sep-09 | | | | oct-09 | | | |
|--------------------------------------|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ubicación del ensayo | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toma de datos | | | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | |
| Cuantificación de plaga y enfermedad | | | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | |
| Obtención de caracteres morfológicos | | | | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | |
| Cosecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | X | | X |
| Análisis Organoléptico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabajo de gabinete | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | X | X | | | | X | X |
| Tabulación de datos | | | | | | | X | X | | | | | | | X | X | | | X | X | | | X | X |
| Actividades | nov-09 | | | | dic-09 | | | | ene-10 | | | | feb-10 | | | | Año 2011 | | | | Año 2012 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ubicación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Toma de datos | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | X | X | X | X | X | X | | |
| Cuantificación de plaga y enfermedad | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | X | X | X | X | X | X | | |
| Obtención de caracteres morfológicos | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | | | | | | |
| Cosecha | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | |
| Análisis Organoléptico | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| Trabajo de gabinete | | X | X | X | | | X | X | X | | | | | | X | X | | | | X | X | X | X | |
| Presentación de informe | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | X |

14 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1999. Introducción a la fitopatología. 2 ed. México, Limusa. 837 p.
2. Aguilar V, GJ. 1995. Variedad Costa Rica 95. San José, Costa Rica, ICAFE. 33 p.
3. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1988. Manual de caficultura. Guatemala. 247 p.
4. _____. 1989. Mal de viñas o fiebre amarilla del cafeto. Guatemala. 12 p.
5. _____. 1991. Manual de caficultura. Guatemala. p. 12-17.
6. _____. 1998a. Manual de caficultura. Guatemala. p. 67-82.
7. _____. 1998b. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 318 p.
8. _____. 2002. Manual de caficultura. 2 ed. Guatemala. 169 p.
9. _____. 2004. Manual de caficultura, datos socioeconómicos del cultivo del café en Guatemala. Guatemala. 52 p.
10. _____. 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
11. _____. 2009. Producción de café en la república por departamento, en quintales oro cosecha 2007/2008. Guatemala. Consultado 27 abr 2009. Disponible en: <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/200902/257/254/Proxd epto.pdf>
12. _____. 2010. Producción de café en la república por departamento, en quintales oro cosecha 2009/2010. Guatemala. Consultado 17 ene 2010. Disponible en <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/201010/257/317/GRAFDEST012009 201001.pdf>
13. Arce P, JA. 1984. Caracterización de 81 plantas de achiote (*Bixa orellana* L.) de la colección del CATIE procedente de Honduras y Guatemala y propagación vegetativa por estacas. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 149 p.
14. Avelino, J; Müller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguín, F. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. In Bertrand, B; Rapidel, B (eds.). Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica, IICA. p. 193-241.
15. Beer, J; Muschler, R; Kadd, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38:139-164.
16. Bertrand, B; Anthony, F. 1995. El mejoramiento genético de *Coffea arabica* en América Central. In Simposio CIRAD / CATIE mejoramiento genético y desarrollo de los cultivos tropicales (1995, Turrialba, CR). Resúmenes. Turrialba, Costa Rica, CIRAD / CATIE. 32 p.

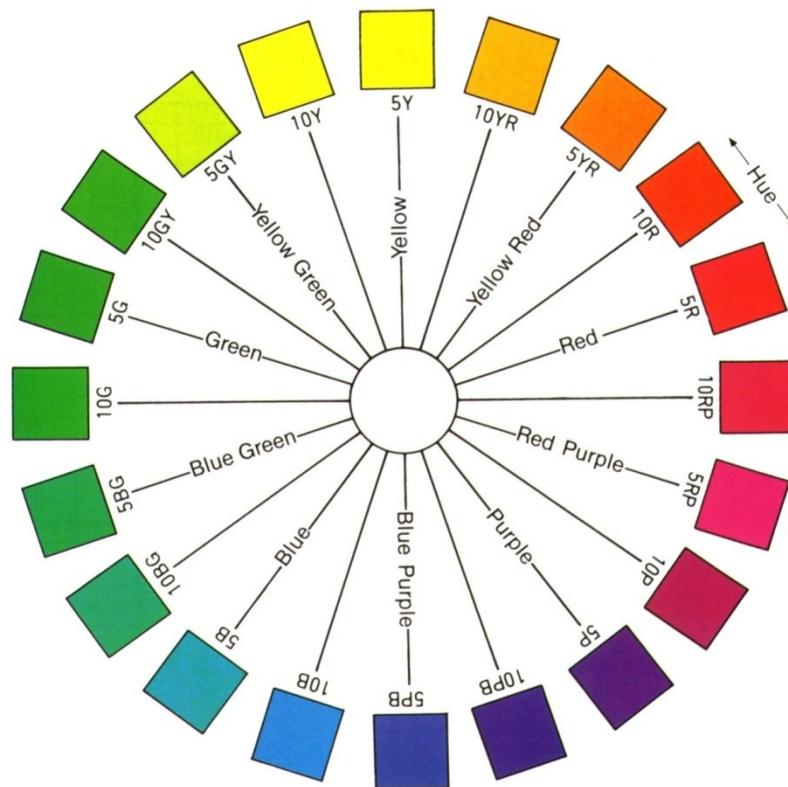
17. Bustamante, J; Roa, SE; Casanova, A; Roso, L. 2004. Líneas de café resistentes a la roya en una localidad del estado Táchira, Venezuela. *Agronomía Tropical* 54(1):75-91.
18. Carvalho, A; Krug, CA. 1949. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Bragantia* 9:11-24.
19. _____. 1991. Aspectos genéticos do cafeeiro. *Rev. Brasil. Genet* 14:1, 135-183.
20. Chalfoun, SM. 1997. Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de control. Lavras, Brasil, UFLA / FAEPE. p. 25-34.
21. Charrier, A. 1985. Progrès et perspectives de l'amélioration génétique des caféiers. *In* Coloquio Científico Internacional sobre el Café 11, 1985, SW). Lomé, Vevey, Suiza, ASIC. p. 403-425.
22. Coste, R. 1978. El café colección agricultura tropical. 2 ed. Barcelona, España, Blume. 263 p.
23. Crisci, JV; López, ZM. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, DC, US, OEA. 132 p.
24. Dufour, B; Barrera, J; Decazy, B. 1999. La broca de los frutos del cafeto: ¿la lucha biológica como solución?: desafíos de la caficultora en Centro América. San José, Costa Rica, IICA / PROMECAFE / CIRAD / IRD. p. 293-325.
25. Fazuoli, LC. 1985. Genética e melhoramento do cafeeiro. *In* Cultura do cafeeiro. Piracicaba, Brasil, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 87-113.
26. Ferwerda, FP. 1989. Coffees: *Coffea* spp. (Rubbiaceae). *In* Smartt, J. 1989. Evolution of crop plants. UK, University of Southampton. p. 257-260.
27. Figueroa, R; Fishersworing, B; Rosskamp, R. 1996. Guía para la caficultura ecológica del café orgánico. Lima, Perú, Novella Publigráf. 171 p.
28. Gall, F (comp.). 1983. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala, Tipografía Nacional de Guatemala. tomo 1, 810 p.
29. Girón, J; López, E; López, H; Jiménez, H. 2003. Evaluación del cafeto en la producción de café de fuentes foliares de boro, zinc, y muriato de potasio. Guatemala, ANACAFE. 7 p. (Folleto no. 1).
30. Guerra y Guerra, MT. 2006. Sistematización de las experiencias obtenidas en las aplicaciones foliares de boro (Bo), zinc (Zn), potasio (K) y sus mezclas, en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 34 p.
31. Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, Ch. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. Managua, Nicaragua, CATIE. 272 p.

32. Gutiérrez, Y; Barrios, M; Moraga, P; Monzón, A. 2003. Antracnosis, seria amenaza. Managua, Nicaragua, Grupo Café Nicaragua, Boletín Informativo no. 2, 13 p.
33. IPGRI, KE. 1996. Descriptores de café (*Coffea* spp.). Kenya. 38 p.
34. Jones, S. 1987. Sistemática vegetal. 2 ed. México, McGraw Hill. 527 p.
35. Krug, CA. 1936. Plano de estados em execução no departamento de genética do Instituto Agrônômico. Campinas, Brasil, Instituto Agrônômico, Boletim Técnico no. 26, 39 p.
36. _____. 1945. Melhoramento do cafeeiro: doze anos (1933-1944) de pesquisas básicas e aplicadas realizadas nas seções de genética, café e citología do Instituto Agrônômico. Campinas, Brasil, Instituto Agrônômico, Boletim da Superintendência dos Servicios do Café d'Orsay. 20:228 p.
37. López Portillo, RJ. 2003. Caracterización de tres variedades de café (*Coffea arabica*) en tres zonas ecológicas del país. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 37 p.
38. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1998. Caracterización del departamento de Santa Rosa. Guatemala. 45 p.
39. Morera Monge, IA. 1981. Descripción sistemática de la colección de Panamá de pejibaye (*Bactrus gasipaes* HBK) del CATIE. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica / CATIE. 122 p.
40. Nazareno, A; Guimaraes, R. 2000. Productividade e qualidade. Lavras, Brasil, UFLA. 84 p.
41. Pérez, E. 2003. Identificación de variedades de cafeto que ocupan mayor superficie cultivada en Guatemala. Guatemala, Universidad Rafael Landívar / Asociación Nacional del Café. p. 12-14.
42. Prakash, NS; Marques, DV; Varzea, VMP; Silva, MC; Combes, MC; Lashermes, P. 2004. Introgression molecular analysis of a leaf rust resistance gene from *Coffea liberica* in to *C. arabica* L. Theoretical and Applied Genetics 109(6):1311-1317.
43. Prensa Libre, GT. 1999. Conozcamos Santa Rosa. Prensa Libre, Guatemala, septiembre (suplemento): 55 p.
44. PROCAFÉ, SV. 2008. Investigación, fertilización del cafeto (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 20 mayo 2009. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/Investigacion/Fertilizacion.htm>
45. Rayner, RW. 1972. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. Turrialba, Costa Rica, IICA. 68 p. (Publicación Miscelánea no. 94).
46. Sánchez C, JC. 1990. Caficultura moderna y control de la roya. 2 ed. Guatemala, Colofón. 140 p.

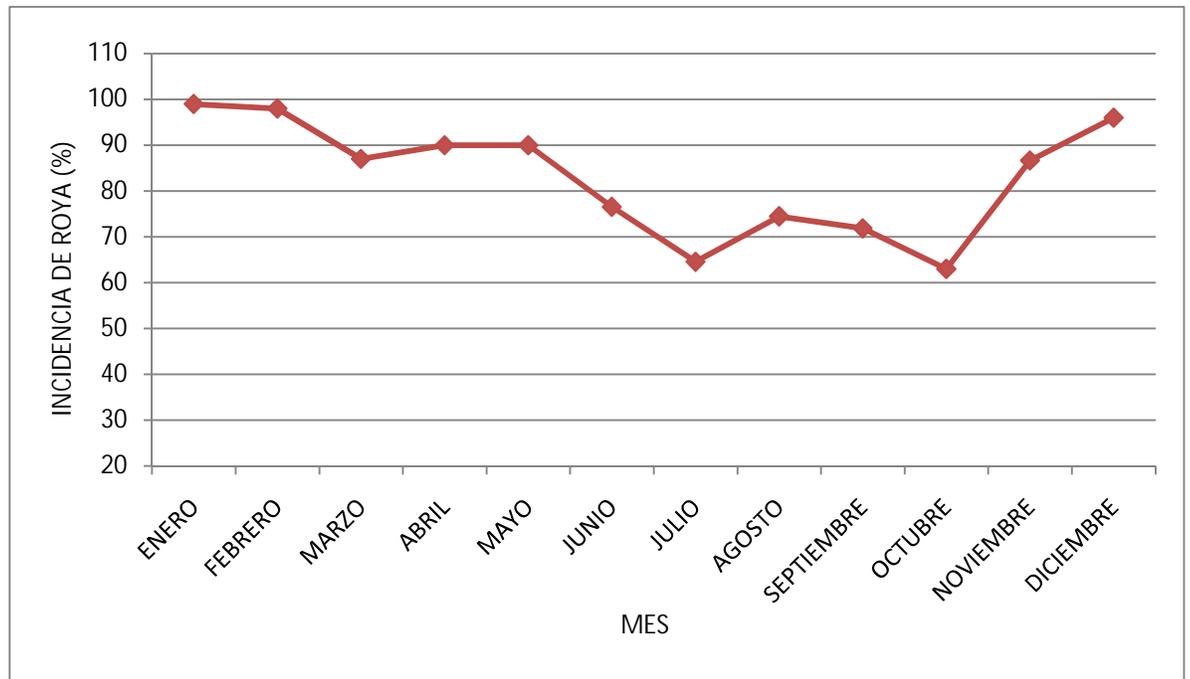
47. Sequeira Delgado, A; Hidalgo Salvatierra, O. 1979. Control del minador de la hoja del cafeto (*Leucoptera coffella* Guer). Managua, Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 18 p.
48. Silva, MC Da; Várzea, V; Guerra G, L; Gil A, H; Fernández, D; Petitot, AS; Bertrand, B; Lashermes, F; Nocole, M. 2006. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. Braz. Journal Plant Physiol. 18(1):119-147.
49. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimientos de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.
50. Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Quito, Ecuador, INPOFOS. 61 p.

ANEXOS

Círculo de colores de la escala Munsell utilizada para caracterización de características agromorfológicas de genotipos de café caracterizados.



Curva de la roya del café ocasionada por *Hemileia vastatrix* en el área de Barberena, Santa Rosa, 2007.



Informe de resultados de laboratorio de análisis de suelos de La finca donde se realizó la evaluación.



ORDEN: 18 - 3655 ANÁLISIS: AS-2 AS-5-B
 INVESTIGADOR: DR. EDIN OROZCO
 FINCA: LAS FLORES
 LOCALIZACIÓN: BARBERENA SANTA ROSA
 ENTREGA: Otro método de entrega.
 CULTIVO: CAFE

Fecha de Ingreso: 12/08/2011 Fecha de Entrega: 29/08/2011 Informe de Resultados de Análisis de Suelos

| No. | Identificación de la Muestra | mg/L | | | | | | mg/L | | | % M.O. | | |
|-------|---|---------|---------|---------|--------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|-----------|------|
| | | pH | Fósforo | Potasio | Calcio | Magnesio | Aluminio | *A.I | Cobre | Hierro | | Manganeso | Zinc |
| 21538 | Niveles Adecuados ----> GENOTIPOS BRASILEÑOS | 5.5-6.5 | 15-30 | 0.2-1.5 | 4-20 | 1-10 | 0-0.99 | 0.3-1.5 | 0.1-2.5 | 2.5-16 | 1-12 | 0.2-2 | 3-6 |
| | *A.I.= Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio) | 5.50 | 34.57 | 1.40 | 12.04 | 3.42 | 0.06 | 0.08 | 4.96 | 188.00 | 37.80 | 9.78 | 7.46 |

*M.O.= Materia Orgánica
 *C.S.=Concentración de sales

| Muestra | Identificación de la Muestra | Cmol(+)/L | | | | | | Equilibrio de Bases | | | | Nomenclatura | | |
|---------|------------------------------|-----------|------|-------|-------|------|------|---------------------|-------|-----------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| | | *CICE | K | Ca | Mg | Al | Ca/K | Mg/K | Ca/Mg | (Ca+Mg)/K | Al = Aluminio | | Mg = Magnesio | Ca = Calcio |
| 21538 | GENOTIPOS BRASILEÑOS | 16.94 | 8.26 | 71.07 | 20.19 | 0.35 | 8.60 | 2.44 | 3.52 | 11.04 | | | | |

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

pH: método de Potenciometría, relación 1:2.5 - Suelo:Agua
 Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, metodología espectrofotometría UV-Visible
 Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, metodología espectrofotometría absorción atómica
 Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietiltriainopentacético), metodología espectrofotometría absorción atómica
 Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría absorción atómica
 Solución extractante para Acidez Intercambiable y Aluminio con : KCl 1 Normal, metodología por volumetría.
 Materia orgánica: Método de Walkley y Black

1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
 2.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
 3.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Humberto Jiménez
 Coordinador de Analab

Análisis de suelos (texturas) de suelos de finca Las Flores, Santa Rosa; por el laboratorio de ANACAFÉ; ANALAB.

ANÁLISIS DE SUELOS TEXTURAS



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFÉ
Teli.: 2421-3700 Exts. 1132/1133 y 1135

E-mail: analab@anacafe.org

www.laboratorioanalab.com

| | |
|---------------|-----------------------|
| ORDEN: | 18 - 3655 |
| FINCA: | LAS FLORES |
| INVESTIGADOR: | DOCTOR EDÍN OROZCO |
| LOCALIZACIÓN: | Barberena, SANTA ROSA |

RESULTADOS DE LABORATORIO

| No. de Lab. | PROPIEDADES FÍSICAS Identificación | Porcentaje (%) | | | Clase Textural |
|-------------|---------------------------------------|----------------|-------|-------|----------------|
| | | Arcilla | Limo | Arena | |
| 21.538 | GENOTIPOS BRASILEÑOS | 58.60 | 18.04 | 23.37 | ARCILLA |

* Textura Métodos de Bouyucos

Fecha Ingreso: Viernes, 12 de Agosto de 2011

Fecha Entrega: Lunes, 22 de Agosto de 2011

Ing. Humberto Jiménez G.
Coordinador de ANALAB

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.
La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Rendimientos en kg/ha de los genotipos de café en finca las Flores, Santa Rosa, en los períodos 2008-2009 y 2009/2010.

| Genotipo | Rendimiento 2008/2009 | | | | Rendimiento 2009/2010* | | | | Rendimiento 2010/2011* | | | |
|----------|-----------------------|---------------|---------|-------------|------------------------|---------------|---------|-------------|------------------------|---------------|---------|-------------|
| | cereza Kg. | pergamino Kg. | oro Kg. | Rend. kg/ha | cereza Kg. | pergamino Kg. | oro Kg. | Rend. kg/ha | cereza Kg. | pergamino Kg. | oro Kg. | Rend. kg/ha |
| 1 | 0.74 | 0.53 | 0.43 | 21.36 | 4.76 | 2.86 | 2.34 | 1170.88 | 10.91 | 4.36 | 3.57 | 1786.47 |
| 2 | 0.49 | 0.35 | 0.29 | 14.25 | 2.95 | 1.77 | 1.45 | 724.64 | 2.98 | 3.36 | 2.75 | 1377.07 |
| 3 | 0.36 | 0.26 | 0.21 | 10.54 | 5.44 | 3.27 | 2.68 | 1338.74 | 14.55 | 5.59 | 4.58 | 2288.92 |
| 4 | 0.25 | 0.18 | 0.14 | 7.10 | 3.40 | 2.04 | 1.67 | 835.18 | 18.18 | 3.14 | 2.57 | 1284.03 |
| 5 a | 0.35 | 0.25 | 0.20 | 10.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.27 | 1.75 | 1.43 | 716.45 |
| 5 b | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.72 | 1.63 | 1.33 | 667.32 | 12.72 | 0.73 | 0.60 | 298.86 |
| 6 | 0.96 | 0.69 | 0.56 | 27.91 | 1.81 | 1.09 | 0.89 | 446.25 | 23.14 | 4.95 | 4.06 | 2028.39 |
| 7 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 1.58 | 4.76 | 2.86 | 2.34 | 1170.88 | 4.30 | 6.77 | 5.55 | 2772.75 |
| 8 | 0.49 | 0.35 | 0.29 | 14.30 | 4.76 | 2.86 | 2.34 | 1170.88 | 6.61 | 6.41 | 5.25 | 2623.88 |
| 9 | 0.35 | 0.25 | 0.20 | 10.06 | 2.27 | 1.36 | 1.11 | 556.78 | 8.60 | 6.36 | 5.21 | 2605.27 |
| 10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 2.28 | 2.49 | 1.50 | 1.23 | 614.10 | 2.31 | 3.50 | 2.87 | 1432.90 |
| 11 | 0.76 | 0.54 | 0.44 | 21.97 | 1.36 | 0.82 | 0.67 | 335.71 | 1.32 | 1.09 | 0.89 | 446.62 |
| 12 | 2.82 | 2.02 | 1.63 | 81.66 | 6.12 | 3.67 | 3.00 | 1502.50 | 5.95 | 4.77 | 3.91 | 1953.95 |
| 13 | 2.27 | 1.62 | 1.31 | 65.56 | 4.99 | 2.99 | 2.45 | 1224.11 | 13.88 | 5.14 | 4.21 | 2102.83 |
| 14 | 1.57 | 1.12 | 0.91 | 45.54 | 5.44 | 3.27 | 2.68 | 1338.74 | 4.63 | 8.41 | 6.89 | 3442.68 |
| 15 | 0.29 | 0.20 | 0.17 | 8.26 | 4.99 | 2.99 | 2.45 | 1224.11 | 18.84 | 7.95 | 6.51 | 3256.59 |
| 16 | 1.00 | 0.72 | 0.58 | 29.04 | 4.31 | 2.58 | 2.11 | 1056.25 | 8.60 | 5.95 | 4.88 | 2437.79 |
| 17 a | 0.34 | 0.24 | 0.20 | 9.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.54 | 1.37 | 1.12 | 560.88 |
| 17 b | 0.18 | 0.13 | 0.10 | 5.10 | 2.72 | 1.63 | 1.33 | 667.32 | 9.09 | 2.46 | 2.01 | 1007.12 |
| 18 | 0.98 | 0.70 | 0.57 | 28.39 | 2.49 | 1.50 | 1.23 | 614.10 | 15.54 | 6.55 | 5.36 | 2679.71 |
| 19 | 0.92 | 0.66 | 0.53 | 26.74 | 2.49 | 1.50 | 1.23 | 614.10 | 11.24 | 3.09 | 2.53 | 1265.42 |
| 20 | 2.01 | 1.44 | 1.16 | 58.23 | 1.81 | 1.09 | 0.89 | 446.25 | 10.25 | 7.36 | 6.03 | 3014.67 |
| 21 a | 0.59 | 0.42 | 0.34 | 17.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.09 | 2.03 | 1.66 | 831.08 |
| 21 b | 0.48 | 0.34 | 0.28 | 13.88 | 2.95 | 1.77 | 1.45 | 724.64 | 4.54 | 2.34 | 1.92 | 958.00 |
| 22 | 3.22 | 2.30 | 1.86 | 93.09 | 3.11 | 1.86 | 1.52 | 761.48 | 9.92 | 2.05 | 1.68 | 839.27 |
| 23 a | 0.60 | 0.43 | 0.35 | 17.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.45 | 1.01 | 0.83 | 413.49 |
| 23 b | 0.97 | 0.69 | 0.56 | 27.98 | 3.63 | 2.18 | 1.78 | 892.49 | 13.18 | 1.09 | 0.89 | 446.25 |
| 24 | 1.05 | 0.75 | 0.61 | 30.32 | 3.08 | 1.85 | 1.51 | 757.39 | 8.60 | 3.41 | 2.79 | 1395.68 |
| 25 | 0.12 | 0.08 | 0.07 | 3.42 | 2.27 | 1.36 | 1.11 | 556.78 | 6.94 | 2.45 | 2.01 | 1004.89 |
| 26 a | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 1.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.72 | 1.17 | 0.96 | 479.00 |
| 26 b | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.61 | 6.12 | 3.67 | 3.00 | 1502.50 | 8.63 | 0.76 | 0.62 | 311.14 |
| 27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.13 | 0.68 | 0.56 | 278.39 | 9.59 | 7.32 | 5.99 | 2996.06 |
| 28 | 0.55 | 0.39 | 0.32 | 15.94 | 0.45 | 0.27 | 0.22 | 110.54 | 7.27 | 2.23 | 1.82 | 911.85 |
| 29 a | 0.15 | 0.11 | 0.09 | 4.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.81 | 0.12 | 0.10 | 49.13 |
| 29 b | 0.12 | 0.09 | 0.07 | 3.58 | 0.69 | 0.42 | 0.34 | 171.95 | 8.40 | 4.09 | 3.35 | 1674.45 |
| 30 | 1.17 | 0.84 | 0.68 | 33.95 | 0.31 | 0.19 | 0.16 | 77.79 | 0.00 | 0.41 | 0.33 | 167.48 |
| 31 | 0.37 | 0.26 | 0.21 | 10.66 | 3.17 | 1.90 | 1.56 | 777.86 | 31.40 | 8.36 | 6.85 | 3424.07 |
| 32 | 0.10 | 0.07 | 0.06 | 3.00 | 2.27 | 1.36 | 1.11 | 556.78 | 2.31 | 2.45 | 2.01 | 1004.89 |
| 33 | 1.29 | 0.92 | 0.74 | 37.19 | 1.20 | 0.72 | 0.59 | 294.77 | 8.26 | 2.45 | 2.01 | 1004.89 |
| 34 a | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 2.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.18 | 1.98 | 1.62 | 810.61 |
| 34 b | 0.40 | 0.29 | 0.23 | 11.66 | 7.71 | 4.63 | 3.79 | 1895.52 | 13.18 | 2.26 | 1.85 | 925.24 |
| 35 a | 0.10 | 0.07 | 0.06 | 3.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.63 | 0.40 | 0.33 | 163.76 |
| 35 b | 0.27 | 0.19 | 0.16 | 7.82 | 1.59 | 0.95 | 0.78 | 388.93 | 7.72 | 2.01 | 1.65 | 822.89 |
| 36 | 1.19 | 0.85 | 0.69 | 34.36 | 5.44 | 3.27 | 2.68 | 1338.74 | 7.60 | 6.73 | 5.51 | 2755.26 |
| 37 a | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 2.74 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.54 | 0.99 | 0.81 | 405.31 |
| 37 b | 0.42 | 0.30 | 0.24 | 12.21 | 2.27 | 1.36 | 1.11 | 556.78 | 3.40 | 1.60 | 1.31 | 655.04 |
| 38 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 1.42 | 1.81 | 1.09 | 0.89 | 446.25 | 6.28 | 1.45 | 1.19 | 595.49 |
| 39 | 1.19 | 0.85 | 0.69 | 34.44 | 1.59 | 0.95 | 0.78 | 388.93 | 11.57 | 3.00 | 2.46 | 1228.20 |
| 40 a | 0.16 | 0.11 | 0.09 | 4.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.54 | 1.45 | 1.19 | 593.63 |
| 40 b | 0.46 | 0.33 | 0.26 | 13.24 | 1.81 | 1.09 | 0.89 | 446.25 | 9.54 | 1.22 | 1.00 | 499.47 |
| 41 | 0.57 | 0.41 | 0.33 | 16.54 | 4.99 | 2.99 | 2.45 | 1224.11 | 8.93 | 6.41 | 5.25 | 2623.88 |
| 42 | 2.24 | 1.60 | 1.29 | 64.70 | 6.35 | 3.81 | 3.12 | 1559.81 | 5.62 | 4.09 | 3.35 | 1674.82 |
| 43 | 2.52 | 1.80 | 1.46 | 72.86 | 4.76 | 2.86 | 2.34 | 1170.88 | 29.75 | 12.36 | 10.12 | 5061.67 |
| 44 | 0.12 | 0.08 | 0.07 | 3.39 | 3.85 | 2.31 | 1.89 | 945.71 | 14.55 | 4.09 | 3.35 | 1674.82 |
| 45 | 1.83 | 1.31 | 1.06 | 52.97 | 1.36 | 0.82 | 0.67 | 335.71 | 1.98 | 1.41 | 1.15 | 576.88 |
| 46 | 1.26 | 0.90 | 0.73 | 36.34 | 5.22 | 3.13 | 2.56 | 1281.42 | 19.17 | 10.55 | 8.63 | 4317.31 |
| 47 | 0.14 | 0.10 | 0.08 | 4.11 | 4.31 | 2.58 | 2.11 | 1056.25 | 14.55 | 8.09 | 6.62 | 3312.42 |
| 48 | 3.90 | 2.78 | 2.25 | 112.70 | 1.63 | 0.98 | 0.80 | 401.21 | 2.64 | 1.68 | 1.38 | 688.54 |
| 49 | 0.88 | 0.63 | 0.51 | 25.58 | 3.40 | 2.04 | 1.67 | 835.18 | 10.91 | 8.23 | 6.74 | 3368.25 |
| 50 | 0.27 | 0.19 | 0.16 | 7.77 | 2.72 | 1.63 | 1.33 | 667.32 | 2.98 | 8.09 | 6.62 | 3312.42 |
| 51 | 0.19 | 0.14 | 0.11 | 5.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 870.36 | 13.88 | 2.59 | 2.12 | 1060.35 |

* Fuente: cosecha año 2009/2010-2010/2011 ANACAFÉ. (a=altos, b= bajos)

Matriz de correlación utilizando coeficiente de Pearson, para variables cuantitativas de 50 genotipos p variedad caturra en finca las Flores, Santa Rosa.

| Variables | Var 1 | Var 2 | Var 3 | Var 4 | Var 5 | Var 6 | Var 7 | Var 8 | Var 9 | Var 10 | Var 11 | Var 12 | Var 13 | Var 14 | Var 15 | Var 16 | Var 17 | Var 18 | Var 19 | Var 20 | Var 21 | Var 22 |
|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Var 1 | 1 | 0.523 | 0.259 | 0.515 | 0.264 | 0.154 | 0.113 | 0.075 | 0.091 | -0.180 | 0.129 | 0.205 | -0.058 | -0.181 | 0.106 | 0.035 | 0.159 | 0.162 | 0.265 | 0.284 | 0.186 | 0.060 |
| Var 2 | 0.523 | 1 | 0.615 | 0.305 | 0.409 | 0.314 | 0.259 | 0.270 | 0.271 | -0.033 | 0.207 | 0.205 | -0.194 | -0.229 | 0.044 | -0.015 | 0.045 | 0.192 | -0.025 | 0.269 | -0.079 | 0.073 |
| Var 3 | 0.259 | 0.615 | 1 | 0.243 | 0.455 | 0.470 | 0.274 | 0.281 | 0.288 | -0.291 | -0.066 | -0.034 | -0.190 | -0.147 | 0.057 | -0.054 | 0.068 | 0.151 | 0.065 | 0.006 | 0.147 | 0.116 |
| Var 4 | 0.515 | 0.305 | 0.243 | 1 | 0.472 | 0.407 | -0.134 | -0.253 | -0.216 | -0.392 | -0.032 | 0.052 | -0.147 | -0.164 | 0.112 | 0.076 | 0.180 | 0.220 | 0.227 | 0.176 | 0.207 | 0.060 |
| Var 5 | 0.264 | 0.409 | 0.455 | 0.472 | 1 | 0.705 | -0.146 | -0.143 | -0.163 | -0.465 | -0.054 | 0.014 | -0.279 | -0.308 | -0.039 | -0.108 | 0.012 | 0.042 | 0.097 | -0.115 | 0.145 | 0.275 |
| Var 6 | 0.154 | 0.314 | 0.470 | 0.407 | 0.705 | 1 | -0.032 | -0.035 | -0.036 | -0.316 | 0.002 | -0.019 | -0.089 | -0.290 | -0.164 | -0.084 | 0.008 | 0.034 | 0.230 | -0.096 | 0.165 | 0.275 |
| Var 7 | 0.113 | 0.259 | 0.274 | -0.134 | -0.146 | -0.032 | 1 | 0.818 | 0.950 | 0.071 | -0.044 | -0.127 | 0.210 | 0.244 | -0.023 | 0.164 | -0.055 | 0.245 | -0.170 | 0.267 | -0.100 | -0.236 |
| Var 8 | 0.075 | 0.270 | 0.281 | -0.253 | -0.143 | -0.035 | 0.818 | 1 | 0.955 | 0.139 | -0.031 | -0.034 | -0.012 | 0.014 | 0.071 | 0.213 | 0.051 | 0.150 | -0.121 | 0.229 | 0.037 | -0.218 |
| Var 9 | 0.091 | 0.271 | 0.288 | -0.216 | -0.163 | -0.036 | 0.950 | 0.955 | 1 | 0.120 | -0.039 | -0.087 | 0.108 | 0.132 | 0.015 | 0.194 | -0.010 | 0.201 | -0.157 | 0.255 | -0.040 | -0.233 |
| Var 10 | -0.180 | -0.033 | -0.291 | -0.392 | -0.465 | -0.316 | 0.071 | 0.139 | 0.120 | 1 | -0.041 | -0.160 | 0.120 | 0.041 | -0.023 | 0.104 | -0.019 | 0.003 | -0.170 | 0.250 | -0.279 | -0.222 |
| Var 11 | 0.129 | 0.207 | -0.066 | -0.032 | -0.054 | 0.002 | -0.044 | -0.031 | -0.039 | -0.041 | 1 | 0.718 | 0.271 | -0.149 | 0.158 | -0.030 | 0.008 | -0.056 | 0.007 | -0.042 | -0.075 | -0.005 |
| Var 12 | 0.205 | 0.205 | -0.034 | 0.052 | 0.014 | -0.019 | -0.127 | -0.034 | -0.087 | -0.160 | 0.718 | 1 | -0.020 | -0.102 | 0.133 | -0.013 | 0.048 | 0.011 | 0.052 | -0.004 | -0.012 | 0.086 |
| Var 13 | -0.058 | -0.194 | -0.190 | -0.147 | -0.279 | -0.089 | 0.210 | -0.012 | 0.108 | 0.120 | 0.271 | -0.020 | 1 | 0.353 | -0.290 | -0.156 | -0.161 | 0.028 | 0.080 | -0.084 | -0.140 | -0.044 |
| Var 14 | -0.181 | -0.229 | -0.147 | -0.164 | -0.308 | -0.290 | 0.244 | 0.014 | 0.132 | 0.041 | -0.149 | -0.102 | 0.353 | 1 | -0.169 | -0.106 | -0.135 | 0.085 | -0.272 | -0.060 | 0.026 | 0.149 |
| Var 15 | 0.106 | 0.044 | 0.057 | 0.112 | -0.039 | -0.164 | -0.023 | 0.071 | 0.015 | -0.023 | 0.158 | 0.133 | -0.290 | -0.169 | 1 | 0.587 | 0.781 | 0.057 | 0.192 | 0.146 | 0.511 | -0.209 |
| Var 16 | 0.035 | -0.015 | -0.054 | 0.076 | -0.108 | -0.084 | 0.164 | 0.213 | 0.194 | 0.104 | -0.030 | -0.013 | -0.156 | -0.106 | 0.587 | 1 | 0.645 | 0.335 | 0.202 | 0.413 | 0.344 | -0.523 |
| Var 17 | 0.159 | 0.045 | 0.068 | 0.180 | 0.012 | 0.008 | -0.055 | 0.051 | -0.010 | -0.019 | 0.008 | 0.048 | -0.161 | -0.135 | 0.781 | 0.645 | 1 | -0.016 | 0.439 | 0.065 | 0.600 | 0.078 |
| Var 18 | 0.162 | 0.192 | 0.151 | 0.220 | 0.042 | 0.034 | 0.245 | 0.150 | 0.201 | 0.003 | -0.056 | 0.011 | 0.028 | 0.085 | 0.057 | 0.335 | -0.016 | 1 | 0.149 | 0.829 | -0.230 | -0.538 |
| Var 19 | 0.265 | -0.025 | 0.065 | 0.227 | 0.097 | 0.230 | -0.170 | -0.121 | -0.157 | -0.170 | 0.007 | 0.052 | 0.080 | -0.272 | 0.192 | 0.202 | 0.439 | 0.149 | 1 | 0.156 | 0.168 | 0.133 |
| Var 20 | 0.284 | 0.269 | 0.006 | 0.176 | -0.115 | -0.096 | 0.267 | 0.229 | 0.255 | 0.250 | -0.042 | -0.004 | -0.084 | -0.060 | 0.146 | 0.413 | 0.600 | 0.829 | 0.156 | 1 | -0.257 | -0.518 |
| Var 21 | 0.186 | -0.079 | 0.147 | 0.207 | 0.145 | 0.165 | -0.100 | 0.037 | -0.040 | -0.279 | -0.075 | -0.012 | -0.140 | 0.026 | 0.511 | 0.344 | 0.600 | -0.230 | 0.168 | -0.257 | 1 | 0.085 |
| Var 22 | 0.060 | 0.073 | 0.116 | 0.060 | 0.228 | 0.275 | -0.236 | -0.218 | -0.233 | -0.222 | -0.005 | 0.086 | -0.044 | 0.149 | -0.209 | -0.523 | 0.078 | -0.538 | 0.133 | -0.518 | 0.085 | 1 |

