



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE CON SEIS
VARIETADES DE CAFÉ (COFFEA SPP.) EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL SANTA INÉS

ARMIJOS VILLAVICENCIO ADRIANA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE CON SEIS
VARIETADES DE CAFÉ (COFFEA SPP..) EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL SANTA INÉS

ARMIJOS VILLAVICENCIO ADRIANA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE CON SEIS VARIETADES DE
CAFÉ (COFFEA SPP..) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INÉS

ARMIJOS VILLAVICENCIO ADRIANA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Tesis de grado AAV

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

id.scribd.com

Fuente de Internet

2%

2

www.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

2%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 2%

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, ARMIJOS VILLAVICENCIO ADRIANA ESTEFANIA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LA RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE CON SEIS VARIEDADES DE CAFÉ (COFFEA SPP.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INÉS, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

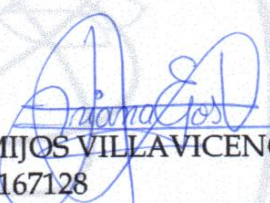
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de diciembre de 2020



ARMIJOS VILLAVICENCIO ADRIANA ESTEFANIA
1150167128

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres Efraín Armijos y Cecilia Villavicencio quienes han sido pilar fundamental en mi vida por apoyarme con todo su esfuerzo y sacrificio, por creer en mi capacidad de realizar las cosas hasta culminar mi carrera universitaria, quienes me ha acompañado en cada actividad académica y tareas de campo brindándome su apoyo sentimental y económico, a mi querida hija Katrina por forma parte de mi vida y darme los mejores momentos de felicidad por ser fuente de inspiración aunque he compartido pocos momentos con ella pero a pesar de todo me ha demostrado su comprensión, a mi hermanos quienes también me han apoyado y han compartido grandes momentos conmigo, y en especial no menos importante a mi abuelito Juan José Manuel Armijos (+) por sus buenos consejos y quien estaría orgulloso y celebrando por cada logro obtenido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por permitirme cumplir una meta más y formar parte de mi vida, en especial a mis padres y a mi hija por su apoyo y confianza logrando convertirme en una mujer profesional de bien.

Agradezco de manera especial al Ing. Agr. José Quevedo Guerrero tutor de mi tesis quien me ha brindado su amistad y ha guiado exitosamente para la realización de esta tesis. Al Ing. Julio Chabla Carrillo PhD. y al Dr. Rigoberto García por sus conocimientos brindados y ayuda fundamental para la culminación de este proyecto de investigación.

A los integrantes de SIRF y los estudiantes de Sexto y Séptimo ciclo quienes me han colaborado en el establecimiento, manejo integrado del cultivo y recolección de datos como práctica de la asignatura de Genética, al Ing. Luis Calle por sus sabios consejos y motivación para seguir adelante en mi carrera universitaria.

A mis amigos por su amistad y por amigos incondicionales con quienes hemos compartido momentos especiales durante los últimos años, al Ing. Jonathan Gorotiza, el Ing. Mauricio Delgado y Jonathan Zhiminaicela por brindarme su apoyo durante el desarrollo de mi proyecto de titulación mis más sinceros agradecimientos.

A los docentes y autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por todas sus enseñanzas brindadas en clases quienes nos han plasmado sus conocimientos y consejos para poder desenvolvemos en nuestra vida profesional de igual manera al personal administrativo por su amabilidad y comprensión al momento de tener alguna duda.

Gracias a todos.

ANALISIS DE LA RELACION GENOTIPO AMBIENTE EN EL ESTABLECIMIENTO DE 6 VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea Sp.*) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INES

Autor:

Armijos Villavicencio, Adriana

Especialista:

Ing. Agr. José Nicasio Quevedo Guerrero Mg. Sc

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias en el área Experimental de la Granja Santa Inés ubicada en el km 5.5 de la vía Machala – Pasaje, fueron evaluadas seis variedades de café donadas por el Municipio de Zaruma del semillero de café. El objetivo de esta investigación fue determinar los genotipos más idóneos en función de las condiciones edafoclimáticas para el establecimiento de parcelas de producción en el área experimental de la Granja Santa Inés, se tomaron veinte descriptores morfoagronómicos. Se realizaron parcelas repetidas con treinta y cinco plantas por genotipo teniendo un total de seiscientas cincuenta y ocho plantas de café, se implementó sombra utilizando musáceas. Los descriptores morfoagronómicos estudiados fueron: el hábito de la planta, altura de la planta, diámetro del tronco, radio de la planta, número de ramas por planta, número de hojas por planta, hábito de la ramificación, forma de la estipula, longitud de las aristas de la estipula, color de la hoja joven, longitud de la hoja, ancho de la hoja, forma de la hoja, forma del ápice de la hoja, longitud del peciolo foliar, color del peciolo foliar, diseño de la nervadura, longitud de la rama, distancia de rama, distancia de hojas. Con los datos

obtenidos de la investigación sobre la caracterización morfoagronómicos de las diferentes variedades de café se realizó un Diagrama de medias marginales para identificar qué variedad fue la que mejor se adaptó a las condiciones edafoclimáticas de la zona, siendo la variedad Geisha la que presentó el mejor comportamiento en relación a las otras variedades. Los descriptores que presentaron un nivel de significancia menor a 0.05 fueron los HP (Altura de la planta), RP (Radio de la planta), LH (Longitud de la hoja), LR (Longitud de la rama). Además se realizó un Dendrograma basada en distancia de similitud donde resultaron tres grupos bien definidos el cual se evidenció la diversidad fenotípica entre las seis variedades de café, el grupo uno formado por cuatro variedades Conilon, Sarchimor, Criolla robusta 1 y Gerónimo presentando similitudes entre ellas a diferencia del grupo dos y tres conformados por una sola variedad denominadas Robusta Criolla 2 y Geisha, también se realizó un análisis de componentes principales (PCA), que permitió establecer los descriptores más discriminantes agrupándolos en grupos, el primero grupo entre ellos los descriptores más discriminantes ZLR (Longitud de rama), ZDR (Distancia de rama), ZHP (altura de la planta), ZNR (número de rama), ZDT (diámetro del tronco), ZRP (Radio de la planta) que son los que establecen mayor viabilidad en las seis variedades de café, seguido por el segundo grupo de intermedios que pueden ser o no ser discriminantes ZDH (distancia de hoja), ZLH (longitud de la hoja), ZAH (ancho de la hoja), ZDB (distancia de brotes) y el tercer grupo de los descriptores no discriminantes ZNH (número de hojas), ZLPF (longitud del peciolo foliar), ZLA (longitud de la arista). En recomendación estos materiales son de gran valor para el futuro para proyectos en fitomejoramiento por sus características agronómicas para la obtención de nuevos cultivares que ayudarán al agricultor a mejorar la producción del Ecuador en el sector cafetalero.

Palabras claves: Análisis, Relación, Genotipo/Ambiente, Descriptor, Variedad, Caracterización, Genotipo, Morfoagronómicos, Discriminante, Agrupación, Similitud.

**ANALYSIS OF THE GENOTIC ENVIRONMENTAL RELATIONSHIP IN THE
ESTABLISHMENT OF 6 VARIETIES OF COFFEE (*Coffea* Sp.) IN THE
SANTA INÉS EXPERIMENTAL FARM**

Author:

Armijos Villavicencio, Adriana

Specialist:

Ing. Agr. José Nicasio Quevedo Guerrero Mg. Sc

ABSTRACT

The present research was carried out at the Technical University of Machala, Faculty of Agricultural Sciences in the Experimental Area of the Santa Inés Farm located at km 5.5 of the Machala - Pasaje road. Six varieties of coffee donated by the Municipality of Zaruma from the coffee seedbed were evaluated. The objective of this research was to determine the most suitable genotypes according to soil and climate conditions for the establishment of production plots in the experimental area of the Santa Inés Farm. Twenty morphoagronomic descriptors were taken. Repeated plots were made with thirty-five plants per genotype having a total of six hundred fifty-eight coffee plants, shade was implemented using musaceous plants. The morphoagronomic descriptors studied were the habit of the plant, plant height, trunk diameter, plant radius, number of branches per plant, number of leaves per plant, branching habit, shape of the stipulum, length of the stipulum edges, color of the young leaf, leaf length, leaf width, leaf shape, shape of the leaf apex, length of the leaf petiole, color of the leaf petiole, design of the ribbing, branch length, branch distance, leaf distance. With the data obtained from the research on the

morphoagronomic characterization of the different varieties of coffee, a Diagram of marginal means was made to identify which variety was the best adapted to the edaphoclimatic conditions of the zone, being the Geisha variety the one that presented the best behavior in relation to the other varieties. The descriptors that presented a level of significance lower than 0.05 were the HP (plant height), RP (plant radius), LH (leaf length), LR (branch length). In addition, a Dendrogram based on similarity distance was carried out, which resulted in three well-defined groups that showed the phenotypic diversity among the six varieties of coffee. Group one was made up of four varieties: Conilon, Sarchimor, Criolla robusta 1 and Geronimo, which showed similarities among them, unlike groups two and three, which were made up of a single variety called Robusta Criolla 2 and Geisha, the first group among them the most discriminating descriptors ZLR (branch length), ZDR (branch distance), ZHP (plant height), ZNR (branch number), ZDT (trunk diameter), ZRP (plant radius) which are the ones that establish greater viability in the six coffee varieties, followed by the second group of intermediates that may or may not be discriminant ZDH (leaf distance), ZLH (leaf length), ZAH (leaf width), ZDB (shoot distance) and the third group of non-discriminant descriptors ZNH (number of leaves), ZLPF (leaf petiole length), ZLA (edge length). In recommendation these materials are of great value for the future for projects in plant breeding because of their agronomic characteristics for obtaining new cultivars that will help the farmer to improve Ecuador's production in the coffee sector.

Keywords: Analysis, Relationship, Genotype/environment, Descriptor, Variety, Characterization, Genotype, Morphoagronomic, Discriminant, Grouping, Similarity

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	18
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.2. Objetivos específicos	20
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ	21
2.2. PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR.....	22
2.3. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA PROVINCIA EL ORO	24
2.4. TAXONOMÍA DEL CAFÉ.....	25
2.5. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL CAFÉ.....	25
2.5.1. Raíz.....	25
2.5.2. Tallo.....	26
2.5.3. Hojas.....	26
2.5.4. Flores	26
2.5.5. Fruto	26
2.5.6. Semilla.....	27
2.6. CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS.....	27
2.6.1. Temperatura.....	27
2.6.2. Precipitación.....	27
2.6.3. Humedad relativa.....	28

2.6.4.	Evapotranspiración.....	28
2.6.5.	Heleofanía.....	28
2.6.6.	Viento	28
2.6.7.	Altitud.....	29
2.6.8.	Suelo	29
2.6.9.	pH	30
2.7.	EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CAFICULTURA	30
2.8.	GENOTIPO AMBIENTE.....	30
2.9.	FASE FENOLOGÍA DEL CAFÉ.....	31
2.9.1.	Fase de desarrollo vegetativo	31
2.9.2.	Fase de desarrollo reproductivo.....	31
2.9.3.	Fase de senescencia	32
2.10.	USO DE ÁRBOLES DE SOMBRA	32
2.11.	CLASES DE SOMBRA.....	32
2.11.1.	Sombra temporal o transitoria	32
2.11.2.	Sombra permanente	33
2.12.	DIFERENCIAS ENTRE EL CAFÉ ARÁBICA Y ROBUSTA	33
2.13.	VARIETADES E HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBICO	34
2.13.1.	Typica:	34
2.13.2.	Geisha:	34

2.13.3.	Catuaí:.....	35
2.13.4.	Caturra:	36
2.13.5.	Villalobos:	36
2.13.6.	Pacas:	37
2.13.7.	Bourbón:	38
2.13.8.	Mundo Novo:.....	39
2.14.	HÍBRIDOS INTERVARIETALES	39
2.14.1.	Catimor:	39
2.14.2.	Sarchimor:	40
2.14.3.	Cavimor:	41
2.15.	HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS	41
2.15.1.	Híbrido de timor:	41
2.15.2.	Icatú:	42
2.16.	VARIETADES DE COFFEA CANEPHORA	43
2.16.1.	Conilon	43
2.16.2.	Robusta	43
2.17.	DESCRITORES MORFOLÓGICOS Y TAXONÓMICOS.....	44
2.17.1.	Botánicos taxonómicos.....	44
2.17.2.	Morfoagronómicos	44
2.17.3.	Evaluativos	45

3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1.	MATERIALES.....	45
3.1.1.	Localización del experimento.....	45
3.1.2.	Ubicación geográfica.....	45
3.1.3.	Factores climáticos y ecológicos.....	46
3.1.4.	Materiales de campo.....	46
3.1.5.	Material genético.....	46
3.1.6.	Variables evaluadas.....	47
3.2.	METODOLOGÍA.....	47
3.2.1.	Preparación del terreno.....	47
3.2.2.	Siembra.....	48
3.2.3.	Sistema de Riego.....	48
3.2.4.	Fertilización.....	49
3.3.	METODOLOGÍA PARA TOMA DE DATOS EN CAMPO.....	49
3.4.	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	49
3.4.1.	Caracterización de las plantas y ramas.....	49
3.4.2.	Hábito de planta:.....	50
3.4.3.	Altura de la Planta.....	50
3.4.4.	Altura de la planta.....	50
3.4.5.	Diámetro del tronco.....	50

3.4.6.	Radio de la planta	50
3.4.7.	Número de ramas.....	51
3.4.8.	Habito de ramificación	51
3.4.9.	Forma de la estipula.....	51
3.4.10.	Longitud de las aristas de la estipula (cm)	51
3.5.	CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS	51
3.5.1.	Número de hojas.....	52
3.5.2.	Color de la hoja joven.....	52
3.5.3.	Forma de la hoja	52
3.5.4.	Forma del ápice de la hoja.....	52
3.5.5.	Longitud de la hoja.....	53
3.5.6.	Ancho de la hoja.....	53
3.5.7.	Longitud del peciolo foliar	54
3.5.8.	Color del peciolo foliar.....	54
3.5.9.	Diseño de la nervadura	54
3.5.10.	Longitud de la rama.....	55
3.5.11.	Distancia de rama en rama.....	55
4.	RESULTADO Y DISCUSION.....	55
4.1.	Caracterización del Café	55
4.2.	Análisis Genotipo / Ambiente.....	57

4.3.	Análisis de ANOVA	64
4.4.	Análisis Componentes principales.....	65
4.5.	Varianza total explicada.....	66
4.6.	Descriptores más significantes.....	67
4.7.	Análisis de conglomerados de clúster.....	68
5.	CONCLUSIONES	70
6.	RECOMENDACIONES	71
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	72
8.	ANEXOS.....	78

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1: Análisis de ANOVA Para Datos De Descriptores	64
Cuadro 2: Matriz de componentes principales.....	65
Cuadro 3: Varianza total explicada.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zonas productoras de café en el Ecuador	22
Figura 2: Producción de café en el Ecuador.....	23
Figura 3: Producción de café en El Oro	24
Figura 4: Granos de café	25
Figura 5: Variedad Typica	34
Figura 6: Variedad Geisha.....	35
Figura 7: Variedad Catuai rojo y Catuai amarillo	36
Figura 8: Variedad Caturra.....	36
Figura 9: Variedad Villalobos	37
Figura 10: Variedad Pacas.....	38
Figura 11: Variedad Bourbon.....	38
Figura 12: Variedad Mundo Novo	39
Figura 13: Variedad Lempira	40
Figura 14: Variedad Sarchimor	40
Figura 15: Variedad Cavimor.....	41
Figura 16: Híbrido Timor	42
Figura 17: Híbrido Icatú.....	42

Figura 18: Jardín clonal de la variedad Conilon	43
Figura 19: Variedad Robusta.....	44
Figura 20: Preparación de Terreno e Implementación del sistema de riego	48
Figura 21: Siembra de las diferentes variedades de café	48
Figura 22: Sistema de riego en parcelas de café	49
Figura 23: Fertilización al cultivo de café.....	49
Figura 23: Forma de la estipula.....	51
Figura 24: Forma de la estipula.....	52
Figura 25: Forma del ápice de la hoja	53
Figura 26: Descriptor Longitud de la hoja	53
Figura 27: Descriptor Ancho de la hoja	54
Figura 28: Diseño de la nervadura	54
Figura 29: Caracterización morfológica Coffea sp: Altura, Long de la rama, radio de planta, numero de ramas.....	55
Figura 30: Caracterización morfológica Coffea sp: Ancho de la hoja, Diámetro del tronco, Distancia de rama, Longitud de la hoja.....	56
Figura 31: Caracterización morfológica Coffea sp: Distancia de brotes, Longitud de la arista, longitud del peciolo.....	56
Figura 32: Diagrama de medias marginales de Altura de la Planta	57
Figura 33: Diagrama de medias marginales del Numero de Ramas	58
Figura 34: Diagrama de medias marginales del Radio de la planta	58
Figura 35: Diagrama de Medias marginales del Diámetro del Tronco	59
Figura 36: Diagrama de medias Marginales del Numero de hojas	59
Figura 37: Diagrama de medias marginales de la Longitud de la Arista	60

Figura 38: Diagrama de medias marginales de Longitud de la Hoja	60
Figura 39: Diagrama de medias marginales de Ancho de la Hoja	61
Figura 40: Diagrama de medias marginales de Longitud del Pecíolo Foliar	61
Figura 41: Diagrama de medias marginales de Distancia de Hojas	62
Figura 42: Diagrama de medias marginales de Distancia de Brotes	62
Figura 43: Diagrama de medias marginales de Longitud de Rama	63
Figura 44: Diagrama de medias marginales de Distancia de rama	64
Figura 45: Resultado del análisis de Componente en espacio rotado de los 13 descriptores	68
Figura 46: Dendrograma obtenido del análisis de conglomerado jerárquico de las 6 variedades de café	69

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadro para la toma de datos	78
Anexo 2: Matriz de las 6 variedades de café estudiados	78
Anexo 3: Implementación del área experimental de las variedades de café	78
Anexo 4: Toma de datos en plantas	79
Anexo 5: Plantas donadas por el Municipio de Zaruma del semillero de café	79
Anexo 6: Variedades de café	80
Anexo 7: Color de las hojas jóvenes	80
Anexo 8: Longitud de la rama	81
Anexo 9: Altura de la planta	81
Anexo 10: Distancia de rama	82

Anexo 11: Diámetro del tronco.....	82
Anexo 12: Variedad Geisha	83

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café en el Ecuador juega un papel muy importante dentro de la economía siendo producto clave considerado como uno de los mejores en calidad organoléptica, se encuentra cultivado en 23 de 24 provincias pertenecientes al país adaptándose a algunos ecosistemas de las diferentes regiones que pertenece al país, constituyendo fuentes de trabajos para familias dependientes de este cultivo. (Venegas, Orellana, & Pérez, 2018). Según la Organización Internacional de Café (OIC) las variedades de *C. arábica* y *C. canephora* son cultivos valiosos de gran importancia para países productores la cual dependen de sus productos para tener ingresos en el mercado siendo unos de los rubros con mayores fuentes de divisas superado por el hidrocarburo (Espinoza, *et al.*, 2017).

La producción de la caficultura ecuatoriano entre los años 2002 al 2011 ha presentado cambios drásticos en los últimos quince años teniendo una caída significativa del 62% en sus rendimientos siendo unos de los pocos países que cultiva estas dos variedades de café las principales causas de esta caída ha sido por los diferentes microclimas que presenta el país y la edad avanzada de las plantaciones (Valverde, *et al.*, 2020). Esta baja productividad tuvo como consecuencias la siembra de cultivares de orígenes desconocidos, deficiencias hídricas y edáficas, alta presencia de plagas y enfermedades como la Roya (*Hemileia vastatrix*), falta de asesoría técnico y escasez de tecnologías para la implementación del cultivo (Duicela, *et al.*, 2018)

El Ecuador presenta gran diversidad de climas según cada región la OIC declara que los sectores cafetaleros presentan altos riesgos debido a las variaciones climáticas como sequías o fuertes lluvias haciendo que las condiciones sean menos óptimas para el

establecimientos y desarrollo del café favoreciendo así a la propagación de plagas y enfermedades (Jiménez & Massa, 2015)

La relación Genotipo Ambiente (G x A) es un estudio de etapa final la cual los fitomejoradores utilizan para la adaptabilidad y comportamiento de cultivares en diferentes zonas de diversos ambientes permitiéndoles así la introducción y la incrementación en la mejora genética del genotipo cultivado. (Márquez, Salomón, & Acosta, 2020), (Alejos, Monasterio, & Rea, 2006)

Actualmente en el Ecuador la agricultura es una de las actividades más importantes por la diversidad de ecosistemas que presenta cada región y por las variedades de cultivos que se pueden producir. En la provincia de El Oro especialmente los cantones de la parte alta como Zaruma, Portovelo, Piñas y Atahualpa están dejando de lado el cultivo de café por falta de comunicación, asesoramientos y presencia de la enfermedad como la Roya lo cual ha hecho que esta enfermedad provoque pérdidas de variedades cultivadas en fincas cafetaleras haciendo que baje el rendimiento en sus cosechas. Dentro de nuestro trabajo en base a lo que hemos expuesto se desarrollaron los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el o los genotipos más idóneos en función de las condiciones edafoclimáticas para ser cultivados en la Granja Experimental Santa Inés.

1.2. Objetivos específicos

- Establecer parcelas de caracterización fenotípica con 6 variedades de café para su respectivo análisis de adaptación.
- Determinar el o los mejores fenotipos para ser cultivados en la Granja Experimental Santa Inés en función de sus respuestas fenotípicas y agronómicas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ

El café es originario de la actual Etiopía en estado silvestre conocido como Arábica, surgen un sinnúmero de leyendas acerca de cómo empezó a ser consumido por las personas, siendo una de las más conocidas la de un pastor llamado Kaldi el cual observó un comportamiento extraño en sus cabras al momento de haber consumido las cerezas y hojas del café, dándoles una conducta poco usual llena de energía. Las ramas y frutos fueron llevados por Kaldi al monasterio de Abad donde reveló que al tostar las cerezas de café causó un agradable aroma descubriendo así la bebida (Gotteland & De Pablo, 2007). Además, el café robusto es originario de África de modo silvestres encontrado en el Congo y Guinea. Se introdujo al país variedades de robusta finos entre los años de 1951 - 1977 por INIAP que son de importancia para la fabricación de cafés solubles (Duicela, *et al.*, 2018).

De acuerdo a la distribución geográfica de este genotipo fue el centro primario Yemen, donde fue introducida desde Etiopía. Entre los años 575 y 890 D.C. Los árabes y persas movilizaron el café a África, durante el mismo año los africanos distribuyeron el café por Mozambique y Madagascar. Fue introducido en Francia hasta la Isla Martinica en 1720 y durante los 60 años siguientes se pudo distribuir a Brasil, Colombia, Venezuela, México Y Centroamérica. En Ecuador en el año de 1830 en la zona de Jipijapa de la provincia de Manabí se empezó a cultivar el café y a distribuir por el resto del país (Amores, *et al.*, 2004).

Las zonas productoras de Café en el Ecuador se encuentran en las provincias de: Manabí, Pastaza, Azuay, Cañar, Santo Domingo, Carchi, Guayas, Esmeraldas, Imbabura,

Pichincha, Los Ríos, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, El Oro, Loja, Chinchipe, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Galápagos cultivados en diferentes ecosistemas (Enriquez & Duicela, 2014).



Figura 1: Zonas productoras de café en el Ecuador

Fuente: (El Telégrafo, 2014)

2.2. PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

En Ecuador el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) manifestó que entre los años de 1992 al 2018 los rendimientos de café han tenido altos y bajos en su rendimiento, donde familias productoras de este rubro dependían de su producción. La presencia de cambios climáticos, la falta de asesoramiento y vías de comunicación han hecho que los productores se dediquen a producir otros cultivos como: cacao, pastizales, árboles frutales entre otros, dejando en el olvido las plantaciones cafetaleras (ForumCafe, 2020).

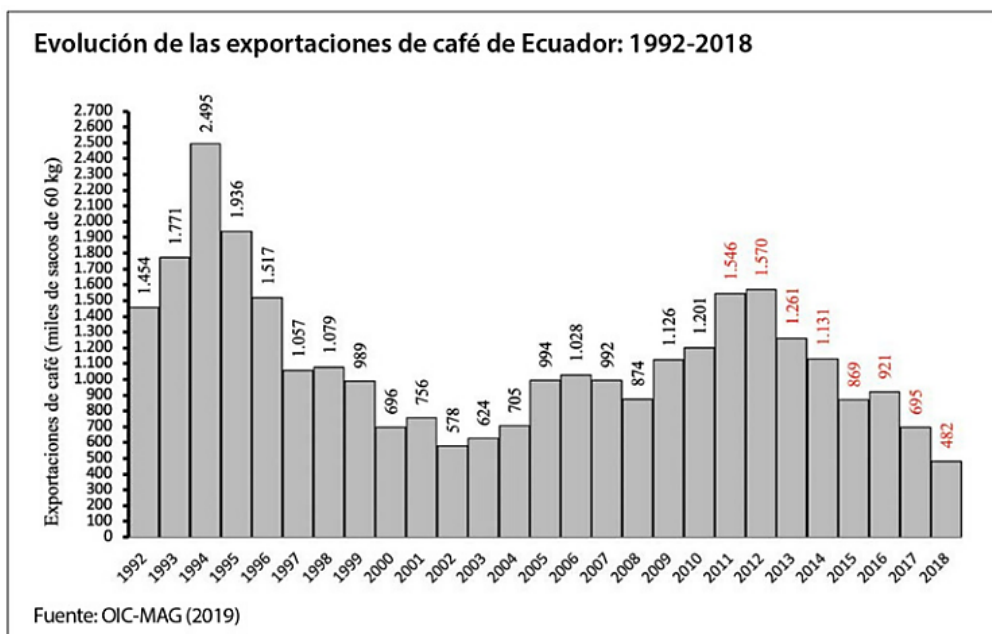


Figura 2: Producción de café en el Ecuador

Fuente: (ForumCafe, 2020)

Existen dos cultivares muy importantes para la comercialización como son el café arábigo y robusta, distribuido por todo el país (Ponce, Orellana, & Acuña, 2016). Es de gran importancia para los ecuatorianos estas variedades relacionadas a estos aspectos como son: lo económico la participación con el comercio internacional y fomentación de fuentes de divisas e ingresos para los productores, lo social en la contribución del desarrollo para el fortalecimiento de las diferentes etnias que pertenecen el Ecuador, lo ambiental ya que puede cultivarse en los diferentes sistemas agroforestales prevaleciendo la flora y fauna del país (Zapata, *et al.*, 2015), lo institucional reactivando proyectos mediante el MAGAP beneficiando a los productores y en la salud humana trayendo consigo correlación inversa a enfermedades cardiovasculares, diabetes y Parkinson (Ponce L., *et al.*, 2018).

La región Costa por otro lado es la principal zona productora de café con un 68% del total cosechado hasta el año 2010, siendo Manabí la provincia con mayor producción aportando 13.141 ton, seguido de las provincias de Los Ríos con 4.319 ton y El Oro con 3.465 ton. La región Sierra aporta con 5.729 ton, donde la provincia de Loja participa con 2.621 ton, seguido de Bolívar con 886 ton y la región Amazónica con 5.720 ton. La cual la provincia de Nororiente representa 5.939 ton y la provincia del Centro Suroriente con 197 ton. (Cumbicus & Jimenez, 2012).

2.3. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA PROVINCIA EL ORO

En el Oro la producción del café es crítica, la cual ha sido afectada por la enfermedad más conocida como “Roya”, esta enfermedad ocasiona pérdidas en los cultivares teniendo resultados negativos en su rendimiento y calidad del grano, siendo afectados los cantones de Zaruma, Portovelo, Atahualpa y Marcabelí. Los problemas que presentaron los productores cafetaleros en sus fincas fueron sequía, alto costo de mano de obra agrícola, precios bajos en sus productos, poca asistencia técnica entre otros (BCE, 2020).

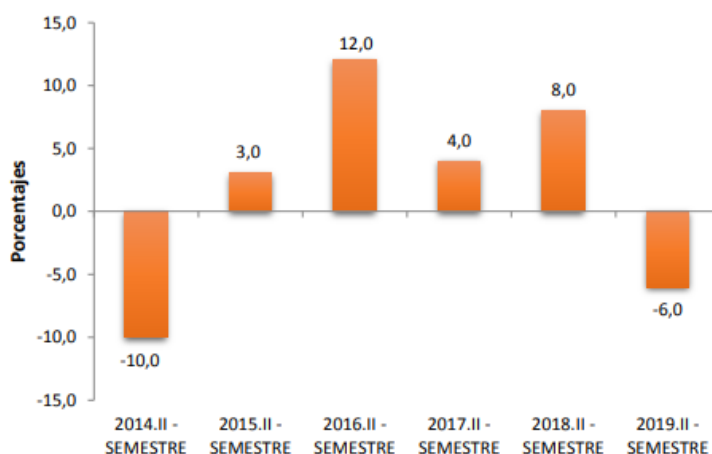


Figura 3: Producción de café en El Oro

Fuente: (BCE, 2020)

2.4. TAXONOMÍA DEL CAFÉ

Sotomayor y Duicela, (1993) Indican la siguiente clasificación:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Asteridae

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: Coffea

Especie: Arábica, Canephora, Liberica L.



Figura 4: Granos de café

Fuente: (Agrocode, 2019)

2.5. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL CAFÉ

2.5.1. Raíz

El sistema radicular del cafeto se asocia diferentes microorganismos que permiten la obtención total de los sustratos beneficiando el crecimiento de la raíz y absorción de nutrientes encontrados en la superficie del cultivo (Ibarra, *et al.*, 2014). Su raíz es pivotante y gruesa, penetra verticalmente y puede alcanzar los 50 o más centímetros de profundidad, se originan raíces secundarias que cumplen función de sostener o anclar a la planta, las raíces tercerías son raicillas en forma de cabellera, estas raicillas son muy importantes porque absorben el agua, nutrientes y minerales se localiza en los primeros 30 cm del suelo (Ciriaco, 2012).

2.5.2. Tallo

Presenta un tallo leñoso, erecto con diversas longitudes según su variedad, presenta dos tipos de desarrollo uno de manera vertical u ortotrópico y el otro de forma horizontal o lateral. Una planta en su estado joven brota hojas durante sus primeros 9 a 11 nudos, una vez que aumentan estos nudos comienzan a emitir ramas plagiotrópicas (laterales) que se originan en las axilas de las hojas dando nuevos brotes ortotrópicos, donde se desarrollaran las hojas y demás ramas laterales (Monroig, 2001).

2.5.3. Hojas

Su lámina foliar puede medir de 12 a 14 cm de largo y de 5 a 12 cm de ancho, su forma varía de ovalada a lanceolada según sus variedades, pueden presentar variaciones en referencia a su tamaño por la exposición del sol. Además, realiza la combinación de gas carbónico con la luz solar y el agua del suelo (Fotosíntesis) produciendo azúcares que son llevados por toda la planta (Sotomayor & Duicela, 1993).

2.5.4. Flores

La flor del cafeto es pequeña mide alrededor de 2 a 4 mm están constituidas por un cáliz, corola, estambres y pistilo. Recibe el nombre de pacaya cuando la flor aún no se abre, una vez abierta es de color blanco con aroma agradable, la luz solar, el agua, y temperatura influyen en su crecimiento. Estas flores se desarrollan en las axilas de las hojas ubicadas en las ramas plagiotrópicas (FIAGRO, 2005).

2.5.5. Fruto

El fruto se denomina baya o drupa de característica ovada o elipsoidal, en su interior cuenta con dos semillas apartadas por un tabique interno del ovario. Si el fruto contiene

tres a más semillas se las denomina ovarios pluricelulares, al inicio de la formación del fruto presenta un color verde seguido de una tonalidad amarillo hasta rojizo que es el proceso de maduración. El periodo que realizan el desarrollo del fruto (floración-maduración) depende de la variedad ya que en los cafés arábicos su duración es de 6 a 8 meses, en los robusta es de 9 a 11 meses y la liberica de 11 a 14 meses (Monroig, 2001).

2.5.6. Semilla

La semilla presenta cotiledones foliáceos de color plomo opaco, contiene un embrión, son de forma ovadas y largas están rodeadas por una doble envoltura cubierta de proteína (Gómez G. , 2010).

2.6. CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS

2.6.1. Temperatura

La temperatura promedio oscila entre 17 a 26 °C. si la temperatura baja o es menor a 16 °C. los brotes pueden quemarse, en cambio si la temperatura alcanza los 27 °C la planta tiene posibilidades de presentar deshidratación haciendo que su fotosíntesis disminuya (Figueroa, Perez, & Godinez, 2015).

2.6.2. Precipitación

La precipitación ideal para el cafeto es de 1000 y 3000 mm/ año, si estas lluvias incrementan o tiene un lapso excesivo su producción disminuye, en cambio si la precipitación baja o es inferior las plantas tienen un limitado crecimiento provocando diversos efectos negativos como el desequilibrio de la floración y presencia de plagas y enfermedades (Pozo & Zabala, 2014).

2.6.3. Humedad relativa

Varía según las diferentes variedades de genotipos de café, es recomendable una humedad relativa de 70 a 95% en los cafés arábigos y de 80 a 90% en los cafés robustas. Dado que si la humedad es mayor esta puede presentar problemas de enfermedades producidas por hongos y a la proliferación de insectos plagas limitando así su calidad del grano y rendimientos en la producción (Sotomayor & Duicela, 1993).

2.6.4. Evapotranspiración

Cisneros, *et al.*, (2015) menciona que para la determinación de la evapotranspiración se realiza por diversos métodos que ayudaran en la aplicación de riegos y así manteniendo niveles mínimos de humedad. La ETC es la unión de la evaporación del suelo (E) con la transpiración de la cubierta vegetal (T).

Para la implementación de estos genotipos de café es recomendable en zonas de más de 1000 mm de ETC, la presencia de lluvias intensas y periodos secos de aproximadamente tres meses ayuda a la floración a tener mayor uniformidad (Enriquez & Duicela, 2014).

2.6.5. Heleofanía

El grado de luminosidad tiene una incidencia en el área foliar sobre el rendimiento de la producción. La heliofanía es el tiempo de brillo solar que exige la planta para realizar la fotosíntesis, es necesario que la luminosidad que recibe la planta sea inferior a un tercio de luz total del medio día para lograr incrementos reales durante su producción (Enriquez & Duicela, 2014).

2.6.6. Viento

La velocidad del viento óptima oscila entre 20 y 30 km/h, dada que si es mayor puede ocasionar daños mecánicos como el desprendimiento de las flores y frutos, disminución del área foliar y reducción longitud de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas, dado que si estos vientos son demasiados fuertes es recomendable realizar cortinas rompe vientos para evitar el daño al cultivo (Pozo & Zabala, 2014); (Damatta, *et al.*, 2007).

2.6.7. Altitud

Para el cultivo de café la altura recomendada es de 900 a 1600 msnm. Si la plantación de café es establecida a menos altura la calidad del grano disminuye. Por otro lado, si se siembra en zonas de mayor altura a la recomendada el crecimiento de las plantas se ve afectado (Figuerola, Perez, & Godinez, 2015).

2.6.8. Suelo

Para cultivar el café el suelo debe presentar un volumen aproximado del 50% de aire y agua con espacios porosos y el 50% restante compuesto de sólidos y materia orgánica para obtener excelentes resultados. Además, requiere suelos de profundidad media con nutrición equilibrada de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), Hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl), sodio, (Na), y boro (B) (Bustamante, *et al.*, 2013); (Palma, De los Santos, & García, 2019).

Es recomendable cultivarse en suelos Inceptisoles y Altisoles, con textura franco a franco arcilloso, con drenaje en buenas condiciones para impedir el encharcamiento, suelos que sean resistentes a la erosión, con profundidad de 50 cm aproximadamente para obtener un adecuado crecimiento en las plantas y elevar su producción. (Sánchez, 2015).

2.6.9. pH

El pH óptimo para el cultivo de café es de 5.0 a 6.0. Si el pH es inferior a 5 el suelo presenta alta toxicidad en los macro y micro nutrientes del suelo. Incluso para corregir estos problemas de niveles de toxicidad es necesario recibir asesoría técnica para realizar la adecuada aplicación de enmiendas (Bustamante, *et al.*, 2013).

2.7. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CAFICULTURA

Según Carnet, *et al.* (2016), la población cafetalera se ha visto afectada por cambios climáticos trayendo consigo múltiples amenazas al cultivo tanto en el desarrollo y calidad del grano, son sensibles a variaciones de Luz, temperatura, lluvias y humedad. Por otro lado, el café se adapta a la topografía del terreno y a las diferentes altitudes de las zonas donde se cultiva. Las variaciones extremas entre la lluvia, temperatura y sequía han hecho que el cultivo de café tenga efectos negativos debido a la compactación del suelo, disminución de plagas benéficas, y presencia de enfermedades proliferadas por insectos plagas y hongos. Además, el cultivo de café puede presentar estrés por sequía siendo uno de los principales problemas como el marchitamiento, necrosamiento en las hojas y bajo crecimiento de biomasa. Los agricultores se han visto en una lucha de supervivencia contra el cambio climático y no han tenido conocimiento suficiente para afrontar estos riesgos ya que dependen de las cosechas de este cultivo para sus ingresos (Quintana, *et al.*, 2017).

2.8. GENOTIPO AMBIENTE

El estudio de G x A es una etapa de la selección final para el fitomejoramiento genético determinando el comportamiento de diferentes variedades de cultivos sometidos a

diversos ambientes, obligando al Fitomejorador a evaluar la adaptabilidad y estabilidad del cultivo en la zona donde se establece la siembra, la cual se evalúan a genotipos con mayores resultados positivos teniendo en cuenta parámetros como la localidad, época de siembra, variedades de cultivos a sembrar, distancia de siembra, etc. Este estudio se realiza en diferentes cultivos ya sean cereales, forrajeras, oleaginosas, hortalizas entre otros cultivos (Márquez, Salomón, & Acosta, 2020); (Alejos, Monasterio, & Rea, 2006)

2.9. FASE FENOLOGÍA DEL CAFÉ

Las fases fenológicas del cultivo de café se dejan influir por factores como heliofanía y temperatura también factores agronómicos como: sombra temporal o permanente, presencia de macronutriente y micronutrientes conformando así un ambiente apropiado para el cultivo para su mejor desarrollo (Blanco, *et al.*, 2003).

2.9.1. Fase de desarrollo vegetativo

La fase de desarrollo vegetativa en el café comprende en la aparición de nudos, ramas, hojas y nuevas raicillas, de acuerdo a esta fase la planta puede presentar tres etapas que son: geminación a trasplante con una duración de 2 meses, almácigo de 5 a 6 meses y por último la siembra a los 11 meses hasta la primera floración. De acuerdo a estas etapas la fase vegetativa ocurre en la mayor parte del tiempo y puede estar intercalada con la fase de crecimiento productivo (Arcila, *et al.*, 2007).

2.9.2. Fase de desarrollo reproductivo

La fase comienza cuando el 50% de las plantas entran en periodo de floración, esta etapa se relaciona con el fotoperiodo, temperatura, precipitación y época de siembra. Una vez

finalizado el desarrollo reproductivo el café, continúa con la siguiente etapa de la fase que es el desarrollo del fruto y maduración (Arcila, *et al.*, 2007).

2.9.3. Fase de senescencia

Esta fase comienza cuando la planta logra su máximo desarrollo y producción durante los 6 a 8 años, comienza el proceso de envejecimiento de acuerdo a ciertos factores como: la zona, disponibilidad de macro y micro nutrientes, presencia de plagas y enfermedades, densidad de siembra, entre otros. Esta fase cumple con el periodo de vida de los órganos de la planta como son las hojas (350 días), ramas (1 a más años), y flores (3 días aproximadamente) (Arcila, *et al.*, 2007).

2.10. USO DE ÁRBOLES DE SOMBRA

El cultivo de café se siembra en conjunto con diferentes tipos de sombra para la protección de diversos agroecosistemas ya que algunas variedades de café son sensibles al cambio de hábitat (Philpott, *et al.*, 2008). La función importante de la sombra es regular el microclima en el café ya que es una planta sensible a cambios climáticos, reduciendo así radiaciones solares, mejorando su balance hídrico y manteniendo la humedad. El uso de sombra también beneficia al suelo mediante una cubierta formada de hojarasca y ramas que son desprendidas del mismo árbol dando así mayor fertilidad al suelo, protegiéndolo de la erosión y además evitando la presencia de maleza que pueden crecer alrededor del cafeto (Barva & Heredia, 2011).

2.11. CLASES DE SOMBRA

2.11.1. Sombra temporal o transitoria

El establecimiento de sombra temporal se realiza antes o durante la siembra hasta que la sombra permanente concluya su respectivo crecimiento, siempre y cuando presente condiciones favorables en la etapa de almácigo. Las especies más utilizadas como sombra temporal son el banano o plátano (*Musa sp.*), *Crotalaria*, Lavaplatos, Cuernavaca, etc. (Bustamante, *et al.*, 2013).

2.11.2. Sombra permanente

Para el establecimiento de sombra permanente se debe tener en cuenta variedades de árboles con crecimiento rápido, abundante follaje, resistentes a vientos, con buena distribución de luz y cobertura vegetal que produzca durante todo el año. Suministra sombra durante todo el tiempo de crecimiento y producción del café, las variedades más recomendables para sombra son aguacate, guaba entre otras variedades (Bustamante, *et al.*, 2013).

2.12. DIFERENCIAS ENTRE EL CAFÉ ARÁBICA Y ROBUSTA

La diferencia de estos genotipos se debe a que se deriva de dos especies como el café robusta (*Coffea canephora*) y el café arábico (*Coffea arábica*). El café arábico es una variedad vieja, pequeña que necesita de muchos cuidados ya que es susceptible a cambios climáticos, plagas y enfermedades este genotipo necesita de sombra constante, su rendimiento es bajo incluso el precio de esta variedad es superior al café robusta por su calidad organoléptica. En cambio, el café robusto es una planta que no necesita de muchos cuidados es resistente a plagas y enfermedades y a cambios climáticos de las zonas donde se cultiva, su producción es alta, pero presenta problemas en su calidad con sabor amargo

y dos veces más cafeína que el café arábigo su precio es mucho más barato y es utilizado para la fabricación de cafés solubles o instantáneos (Procafe, 2017).

2.13. VARIEDADES E HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGO

Según Sotomayor y Duicela (1993), el café arábigo está conformado por un conjunto de variedades e híbridos con características agronómicas, fenológicas y productivas. La idea de estas características es la adaptabilidad a las diferentes condiciones edafoclimáticas y a los diversos sistemas agroforestales para el establecimiento del genotipo.

2.13.1. Typica:

Esta variedad se origina de Etiopía presenta una alta susceptibilidad a enfermedades como roya, produce buena calidad organoléptica, alcanza altura de hasta 4 metros aproximadamente, el color de sus brotes es rojizo y se puede adaptar a zonas de clima frío. En el año de 1830 se introdujo a Ecuador en la provincia de Manabí (zona de Jipijapa) de estos genotipos se derivan otros cultivares como: Sumatra, Villalobos, Blue Mountain y Pache esta variedad ocupa la mayor área cultivada en el país (Sotomayor & Duicela, 1993); (WORLD COFFEE RESEARCH, 2018).



Figura 5: Variedad Typica

Fuente: (Santelices, 2019)

2.13.2. Geisha:

Es originaria de Etiopía del sector Geisha, es una de las variedades más grandes, sus frutos son de gran tamaño y elongados, es resistente a la roya y a cambios climáticos, fue introducida en el año de 1980 al país distribuida por todas las regiones (Sotomayor & Duicela, 1993). Esta variedad ha presentado altos rendimientos y buena calidad en sus frutos (WORLD COFFEE RESEARCH, 2018).



Figura 6: Variedad Geisha

Fuente: Autor

2.13.3. Catuaí:

Es una variedad proveniente del cruce entre las especies Mundo Novo y Caturra, se adapta muy bien a condiciones edafoclimáticas, es una planta de tamaño mediano, sus frutos en estado de maduración presentan tonalidades de color rojo y amarillo, tiene un alto rendimiento en su producción y es susceptible a Roya (*Hemileia vastatrix*) (Velásquez, 2019).



Figura 7: Variedad Catuai rojo y Catuai amarillo

Fuente: (Barva & Heredia, 2011)

2.13.4. Caturra:

Esta variedad fue descubierta en Brasil considerada mutación de la variedad Bourbon, caturra es de altura pequeña, sus hojas son de forma lanceoladas y áspera de color verde claro, esta variedad se caracteriza por presentar entrenudos cortos haciendo que sus ramas hagan que la planta tenga un aspecto compactado de forma angular (Velásquez, 2019).



Figura 8: Variedad Caturra

Fuente: (Barva & Heredia, 2011)

2.13.5. Villalobos:

Es considerada mutación de la variedad Typica originaria de Costa Rica, se caracteriza por ser de apariencia pequeña con brotes de color rojizo. Se introdujo al Ecuador en 1956 su producción y fruto es inferior a la Typica y se encuentra distribuida en algunas regiones del país. (Sotomayor & Duicela, 1993).



Figura 9: Variedad Villalobos

Fuente: (Salazar, 2010)

2.13.6. Pacas:

Es una selección de el Salvador considerada mutación de la variedad Bourbon. Esta variedad presenta características igual a la Caturra, el tamaño de la planta es pequeña, sus frutos son color rojo, sus brotes tiernos son de color verde. Esta planta es susceptible a la roya, se lo introdujo al país en 1966 y la realizó el INIAP la introducción y su distribución (Sotomayor & Duicela, 1993).



Figura 10: Variedad Pacas

Fuente: (Correa, 2011)

2.13.7. Bourbon:

Esta variedad es resultado de la mutación de la variedad Typica originada en la Isla Reunión existes dos cultivares provenientes de esta variedad como la Bourbon rojo y amarillo. Se caracteriza por ser de porte alto, con ramas laterales que forman un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico (Monroig, s.f.). Fue introducida al Ecuador en 1956, cubriendo la mayor parte del área en la producción cafetalera, de esta variedad se han derivado variedades como: Caturra rojo, Caturra amarillo y Pacas (Sotomayor & Duicela, 1993).



Figura 11: Variedad Bourbon

Fuente: (Velásquez, 2019)

2.13.8. Mundo Novo:

Variedad descubierta en Brasil resultado del cruce entre las variedades Typica y Bourbon. Es una planta que alcanza hasta los 3 metros, sus hojas tienen forma lanceoladas y estrechas de color verde oscuro, presenta ángulo de 45 grados en sus ramas con respecto al eje ortotropico, sus frutos son pequeños de color amarillo a rojo en etapa de maduración. Esta variedad se caracteriza por producir la mejor taza de café (Velásquez, 2019).



Figura 12: Variedad Mundo Novo

Fuente: (Gómez S. , 2020)

2.14. HÍBRIDOS INTERVARIETALES

2.14.1. Catimor:

El Catimor se originó del cruce entre la variedad Caturra y del Híbrido Timor. Este genotipo se caracteriza principalmente por ser resistente a la roya (*Hemileia vastatrix*) y por su elevado rendimiento en la producción, de esta variedad se originan otros cultivares como IHCAFE 90 y Lempira (Banegas, 2009).



Figura 13: Variedad Lempira

Fuente: (Velásquez, 2019)

2.14.2. Sarchimor:

Esta variedad se desarrolló en el Centro de Investigaciones de las Royas del café donde se originó este genotipo por el cruzamiento de las variedades del Híbrido Timor y Villa Sarchi (Duicela, del Rocio, & Farfán, 2017) Es de tamaño pequeño, se adapta a las diferentes condiciones edafoclimaticas especialmente a zonas secas como las Provincias de El Oro, Manabí, y Loja; se caracteriza principalmente por su alta productividad y resistencia a la enfermedad de la roya. (Amores, *et al.*, 2004)



Figura 14: Variedad Sarchimor

Fuente: (Velásquez, 2019)

2.14.3. Cavimor:

El Cavimor es un híbrido resultante del cruce de Catuai x Catimor, desarrollado en Portugal en el Centro Internacional de las Royas del Café. Las líneas genéticas derivadas del Cavimor son plantas productivas superiores a la variedad del Caturra es una planta que presenta buenos rasgos agronómicos y fenológicos (Sotomayor & Duicela, 1993).



Figura 15: Variedad Cavimor

Fuente: (Pérez, 2016)

2.15. HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS

2.15.1. Híbrido de timor:

Este híbrido se deriva del cruce de las variedades de Timor y la mutación del Caturra es muy utilizado por ser resistente a la roya (*Hemileia vastatrix*). Por otro lado, para dar mayor vigorosidad a la planta se realizaron reto cruzamientos con la variedad Catuai y Catimor con el fin de obtener frutos de calidad y resistencia a la antracnosis elevados así su producción (Villalta & Gatica, 2019).



Figura 16: Híbrido Timor

Fuente: (Quijano, 2009)

2.15.2. Icatú:

Es una variedad que ha sufrido varios cruzamientos siendo uno de ellos el cruce con la variedad Robusta y Bourbon realizado en Brasil. Esta variedad presenta buenas características agronómicas como es el vigor y producción de la planta y es susceptible a plagas y enfermedades especialmente a la Roya (*Hemileia vastatrix*) (Anzueto, 2013).



Figura 17: Híbrido Icatú

Fuente: (Velásquez, 2019)

2.16. VARIEDADES DE COFFEA CANEPHORA

2.16.1. Conilon

Esta variedad se origina en África, presenta grandes características agronómicas como vigorosidad de la planta, buen desarrollo de las ramas, es de tamaño alto, sus hojas son pequeñas de forma sub lanceoladas, es tolerante a cambios climáticos, resistente a plagas y enfermedades, la producción y rendimiento de sus frutos es superior a las demás variedades del café robusta (De França, *et al.*, 2004).



Figura 18: Jardín clonal de la variedad Conilon

Fuente: (Ferrão, *et al.*, 2012)

2.16.2. Robusta

Esta variedad procede de la colección de germoplasma de Indonesia que fue introducida por IAC (Instituto Agronómico Campinas) a Brasil, es una variedad resistente a plagas y enfermedades, tolerante a cambios climáticos, sus frutos son de tamaño superior a otras variedades de color verde azulado, es una planta de porte alta vigorosa sus hojas son de color verde claro con bordes ligeramente ondulados y su rendimiento es mayor a las variedades del café arábico (De França, *et al.*, 2004).



Figura 19: Variedad Robusta

Fuente: (Gómez S. , 2020)

2.17. DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS Y TAXONÓMICOS

La caracterización morfológica y taxonómica tiene como objetivo diferenciar a las plantas las unas con las otras mediante descriptores definidos según la variedad del cultivo (Hernandez, 2013). Estas características consisten en establecer variables para poder identificar factores limitantes y sobresalientes de la planta para así mejorar los sistemas productivos en entorno a la población de estudio (Santistevan, *et al.*, 2014)

En general, existen diferentes tipos de descriptores los cuales Franco & Hidalgo (2003) describen a continuación:

2.17.1. Botánicos taxonómicos

Este descriptor permite realizar la respectiva caracterización de la planta que el ser humano necesita como las características del fruto, la hoja y la flor donde se puede mostrar la variabilidad e identificación que existen en las especies cultivadas. (Franco & Hidalgo, 2003)

2.17.2. Morfoagronómicos

Franco & Hidalgo (2003) mencionan que los descriptores morfo agronómicos son utilizados de manera cualitativa y cuantitativa para la descripción adecuada de la planta como la forma, tamaño y color del fruto y de la hoja, así mismo características de la raíz, ramas y flores. Este descriptor es utilizado por fitomejoradores para los bancos de germoplasma además incluyen datos de rendimientos que ayudarán a los agricultores al momento de establecer un cultivo específico, una desventaja de estos descriptores es que puede verse afectado por los cambios bruscos del clima y ambiente.

2.17.3. Evaluativos

Esta clase de descriptor se puede representar de manera cualitativa y también permite realizar diferenciaciones de marcadores moleculares, desarrollando métodos de entendimiento para la obtención de resultados en la adaptabilidad a cambios ambientales como: estrés por cambios climáticos y presencia de agentes bióticos (Franco & Hidalgo, 2003)

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. MATERIALES.

3.1.1. Localización del experimento.

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Santa Inés Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala situada en la Av. Panamericana km 5,5 vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, provincia de El Oro Ecuador

3.1.2. Ubicación geográfica.

El sitio de estudio se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (Universal Transverse Mecator) de la zona 17 Sur.

Longitud: 79° 54'05" W

Latitud: 03° 17'16" S

Altitud: 6 msnm

3.1.3. Factores climáticos y ecológicos.

De acuerdo al sitio de estudio según las zonas de vida de Holdridge y mapa Ecológico del Ecuador presenta condiciones agroclimáticas como temperatura de 25°C. precipitación de 500 mm anuales, y 2 a 3 horas diarias de Heliofanía caracterizando a la zona como Bosque muy seco – Tropical (bms – T).

3.1.4. Materiales de campo.

- Flexómetro
- Cinta métrica
- Baldes
- Palas
- Rastrillos
- Machetes
- Bomba de riego
- Fertilizantes
- Insecticidas
- Hojas Bond

3.1.5. Material genético.

Para el trabajo investigación se estableció 658 plantas de café de las cuales son Gerónimo (147 plantas), Conilon (157 plantas), Sarchimor (147 plantas), Robusta Criolla 1 (146 plantas), Robusta Criolla 2 (40 plantas) y Geishas (21 plantas) donadas por el Municipio de Zaruma del semillero de Café. Estas plantas estaban en asociación con musáceas que les proveía de sombra.

3.1.6. Variables evaluadas.

Para llevar a cabo con los objetivos establecidos se evaluaron descriptores morfológicos y agronómicos como: hábito de la planta y ramificación, ángulo de inserción de las ramas, altura de la planta, número de ramas, diámetro del tallo, radio de la planta, forma de la estipula, número de hojas, forma y color de la hoja, longitud, forma y color del peciolo, diseño de la nervadura, longitud de la arista, longitud y ancho de la hoja, distancia de las hojas, distancia de rama en rama, longitud de la rama, y distancia de los brotes. La toma de datos se realizó cada 15 días

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Preparación del terreno

El terreno donde se establecieron las variedades de café fueron la parte trasera del área 1 de cacao y la plantilla de banano, con respecto a la preparación del terreno se procedió a limpiar la maleza y a esparcir los terrones de tierra para tener mayor uniformidad en el terreno y evitar encharcamientos, luego realizamos las respectivas parcelas de 60 m x 3 m con sus respectivos drenajes teniendo un total de 18 parcelas y se realizó la respectiva instalación del sistema de riego.



Figura 20: Preparación de Terreno e Implementación del sistema de riego

3.2.2. Siembra

La siembra del café se realizó a una distancia de 2.5m x 2.5m donde fueron distribuidas de la siguiente manera la primera variedad Gerónimo seguida de Conilon, Sarchimor, Robusta criolla 1, robusta criolla 2 ubicadas en la parte trasera del área 1 de cacao, la variedad Geisha se la estableció en la plantilla de banano. Estas variedades se sembraron en asociación con el plátano y banano como sombra permanente.



Figura 21: Siembra de las diferentes variedades de café

3.2.3. Sistema de Riego

El sistema de riego se realiza 3 veces por semana con duración de 2 horas.



Figura 22: Sistema de riego en parcelas de café

3.2.4. Fertilización

A los dos meses de haber sembrado el café se realizó la respectiva fertilización utilizando Nitrato de Amonio y Micro Essentials (completo), y Biochar + Me, así mismo se realizó la fertilización foliar utilizando Ferti Estim plus. Para el control de plagas del cultivo de café como la arañita roja y hormigas se utilizaron insecticidas como Malathion, y Bala.



Figura 23: Fertilización al cultivo de café

3.3. METODOLOGÍA PARA TOMA DE DATOS EN CAMPO

Con la ayuda de nuestra hoja guía la cual colocaremos la fecha del día que se realizó la toma de datos que es cada 15 días procedimos a tomar los siguientes descriptores:

3.4. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

3.4.1. Caracterización de las plantas y ramas

Para la caracterización de las plantas y ramas se consideraron los siguientes descriptores:

3.4.2. Hábito de planta:

Se realizó la medición de altura planta y de su tallo y de acuerdo a los datos obtenidos se puede definir el hábito de la planta clasificándolas según su código del 1 al 3 donde: (1) Matorral (si la altura de la planta es menor a 5 m sin tronco preciso), (2) árbol pequeño o arbusto (si la planta es menor a 5 m con uno o más troncos), (3) Árbol (si la planta tiene una altura mayor a 5 m y presenta tronco único).

3.4.3. Altura de la Planta

Este descriptor se realizó de manera visual clasificándolas según su código: (1) Muy baja, (3) Baja, (7) Alta, (9) Muy Alta.

3.4.4. Altura de la planta

La medición de este carácter se realizó a plantas con alturas iguales desde la base del tallo principal hasta la yema terminal mediante la utilización de un flexómetro. (Milla , *et al.*, 2019)

3.4.5. Diámetro del tronco

Con el uso de un calibrador o una cinta métrica se determinó el diámetro del tronco a una distancia de 3 a 5 cm desde el suelo (Ibarra, *et al.*, 2014).

3.4.6. Radio de la planta

Se realizó mediante una plomada donde cuyo hilo es sujetado a la rama más larga y se espera que el hilo se estabilice para así poder medir con una cinta o flexómetro la distancia que hay entre la base del tallo hasta la proyección de la plomada lo cual equivale al radio de la planta.

3.4.7. Número de ramas

Se contabilizó el número total de ramas por cada planta (Plaza, *et al.*, 2015).

3.4.8. Hábito de ramificación

Para esta caracterización se realizó la contabilización de 5 ramas principales seleccionadas aleatoriamente y el hábito de la planta clasificándolas según su código del 1 al 4 donde: (1) muy pocas ramas primarias, (2) muchas ramas primarias con algunas secundarias, (3) muchas ramas primarias con muchas ramas secundarias, y (4) Muchas ramas primarias con muchas ramas secundarias y terciarias.

3.4.9. Forma de la estipula

Según su código del 1 al 6 donde: (1) Redonda, (2) Oval, (3) Triangular, (4) Deltoides, (5) Trapeciforme, (6) Otra especificar en la nota (IPGRI, 1996)

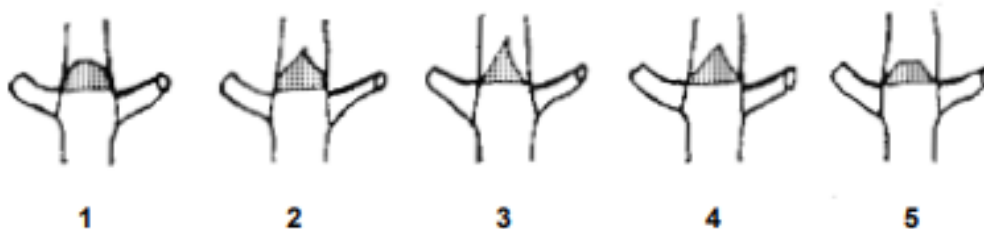


Figura 24: Forma de la estipula

Fuente: (IPGRI, 1996)

3.4.10. Longitud de las aristas de la estipula (cm)

Se realizó en cinco aristas aleatoriamente que se encontraban en buen desarrollo.

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LAS HOJAS

3.5.1. Número de hojas

Se realizó la contabilización total del número de hojas a plantas menores de 50 hojas.

3.5.2. Color de la hoja joven

Se seleccionaron cinco hojas al azar de diferentes ramas donde se pudo observar el color de las hojas jóvenes clasificándolas según su código: (1) Verduzca, (2) Verde, (3) Amarronada, (4) Marrón rojiza, (5) Bronce, (6) Otros especificar en notas

3.5.3. Forma de la hoja

La caracterización de la forma de la hoja se realizará mediante códigos del 1-4, donde (1) Obovada, (2) Ovada, (3) Elíptica, (4) Lanceolada y (5) especificar en notas.

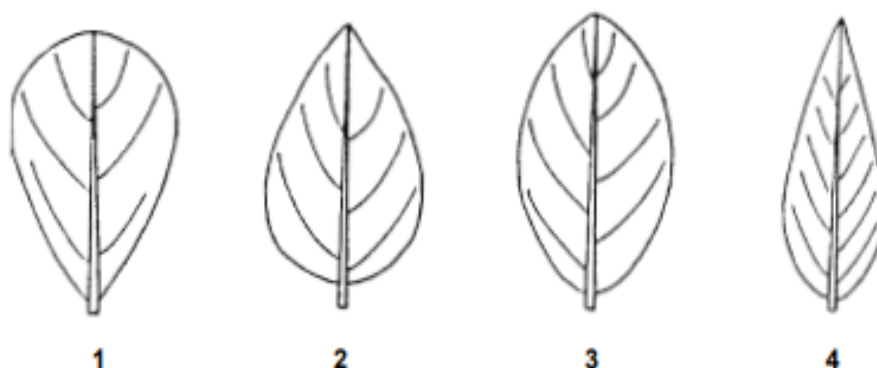


Figura 25: Forma de la estipula

Fuente: (IPGRI , 1996)

3.5.4. Forma del ápice de la hoja

Para la caracterización de la forma del ápice de la hoja se utilizaron según su código: (1) Redonda, (2) Obtusa, (3) Aguda, (4) Puntigrada, (5) Apiculada, (6) Epatulada.

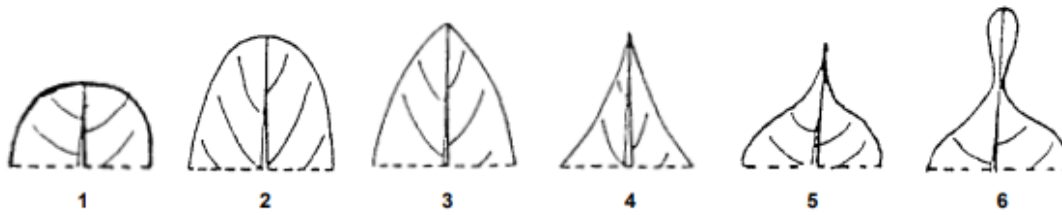


Figura 26: Forma del ápice de la hoja

Fuente: (IPGRI , 1996)

3.5.5. Longitud de la hoja

Se selecciona cinco hojas al azar y utilizando una regla en cm se mide desde el peciolo hasta el ápice de la hoja. El descriptor por planta se expresó como el promedio de las cinco hojas.



Figura 27: Descriptor Longitud de la hoja

Fuente: Autor

3.5.6. Ancho de la hoja

Se selecciona cinco hojas al azar y se mide la parte más ancha de la hoja y se expresó como el promedio de las cinco hojas.



Figura 28: Descriptor Ancho de la hoja

Fuente: Autor

3.5.7. Longitud del peciolo foliar

Este carácter se evaluará en cinco hojas, desde la base del peciolo hasta la inserción con la lámina foliar.

3.5.8. Color del peciolo foliar

El color del peciolo foliar se caracteriza según su código: (1) Verde, (2) Marrón Oscuro, (3) Otro especificar en notas.

3.5.9. Diseño de la nervadura

se caracteriza según su código: (1) Uninervia, (2) Paralelinervia, (3) Penninervia, y (4) Palmatinervia (García, 2010).

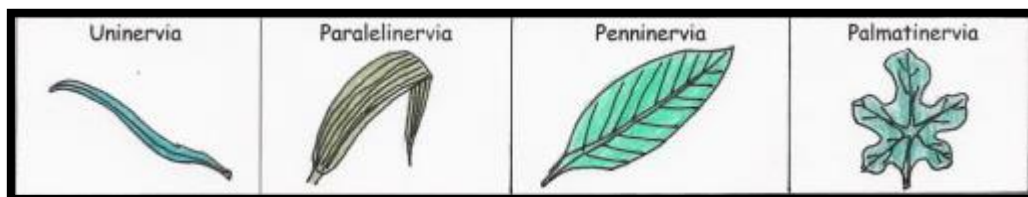


Figura 29: Diseño de la nervadura

Fuente: (García, 2010)

3.5.10. Longitud de la rama

Se seleccionaron cinco ramas aleatoriamente y se midió utilizando un flexómetro o cinta en cm desde la base del tronco principal hasta la parte final de la rama (Duicela, Corral, & Chilán, 2016).

3.5.11. Distancia de rama en rama

Se midió utilizando una regla o flexómetro en cm (Duicela, Corral, & Chilán, 2016).

4. RESULTADO Y DISCUSION

4.1. Caracterización del Café

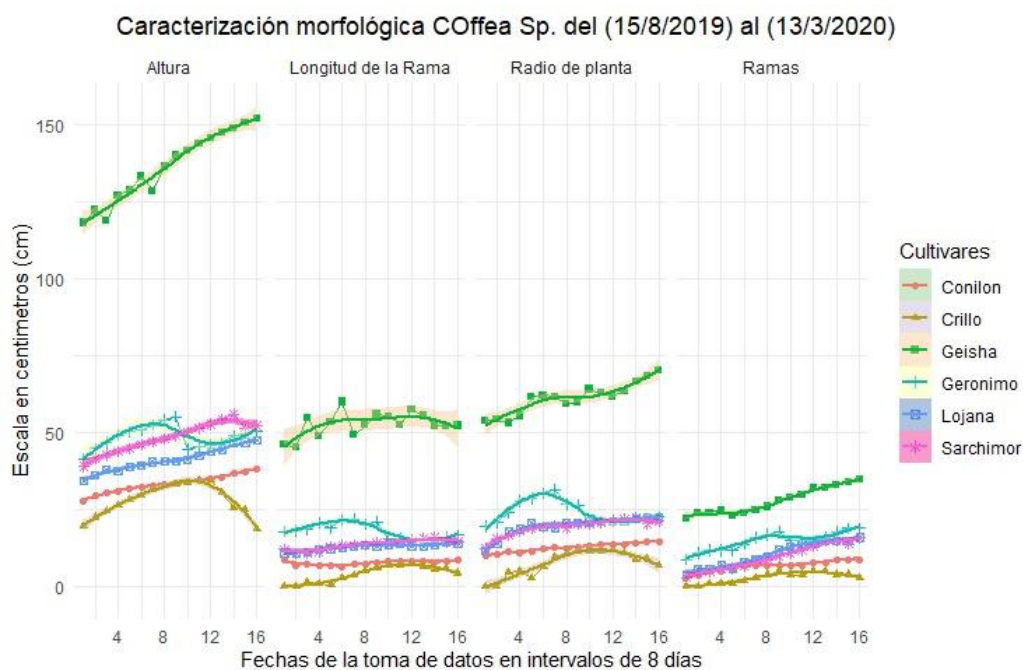


Figura 30: Caracterización morfológica *Coffea sp.*: Altura, Long de la rama, radio de planta, numero de ramas

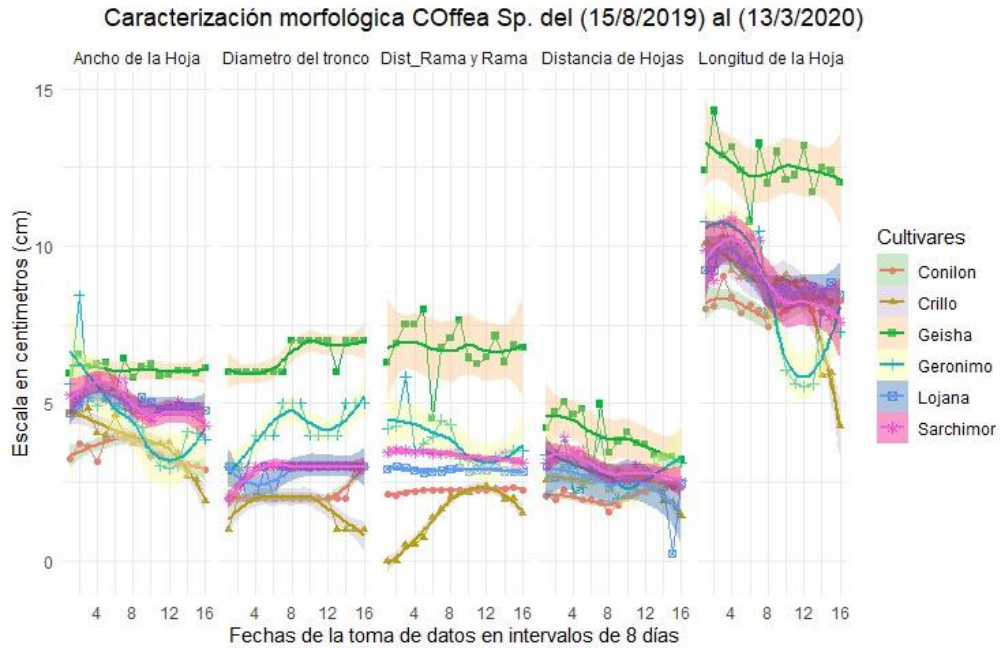


Figura 31: Caracterización morfológica *Coffea sp*: Ancho de la hoja, Diámetro del tronco, Distancia de rama, Longitud de la hoja

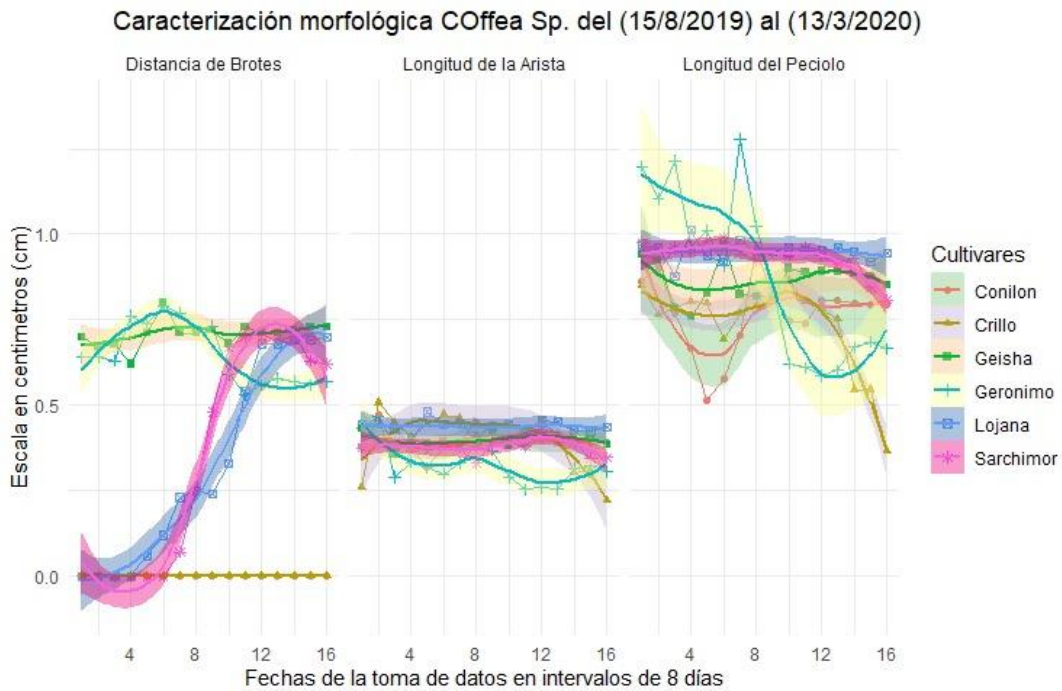


Figura 32: Caracterización morfológica *Coffea sp*: Distancia de brotes, Longitud de la arista, longitud del peciolo

De acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización de café se puede observar que en las (Figuras 29, 30, y 31) la variedad Geisha presentó un alcance mayor de acuerdo a los descriptores estudiados a diferencia de las otras variedades, siendo la variedad que mejor presentó un comportamiento de adaptabilidad a la zona de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas.

Según Zapata *et. al.* (2015) la caracterización de las variedades de café depende de la interacción genotipo ambiente, así como la temperatura teniendo en cuenta el manejo y la calidad de la planta y características de la zona de estudio.

4.2. Análisis Genotipo / Ambiente

En el análisis genotipo ambiente expresamos, que variedades de cafés obtuvieron mejores resultados sometidos a la temperatura del ambiente, evaluando su desarrollo y adaptabilidad a la zona establecida de siembra

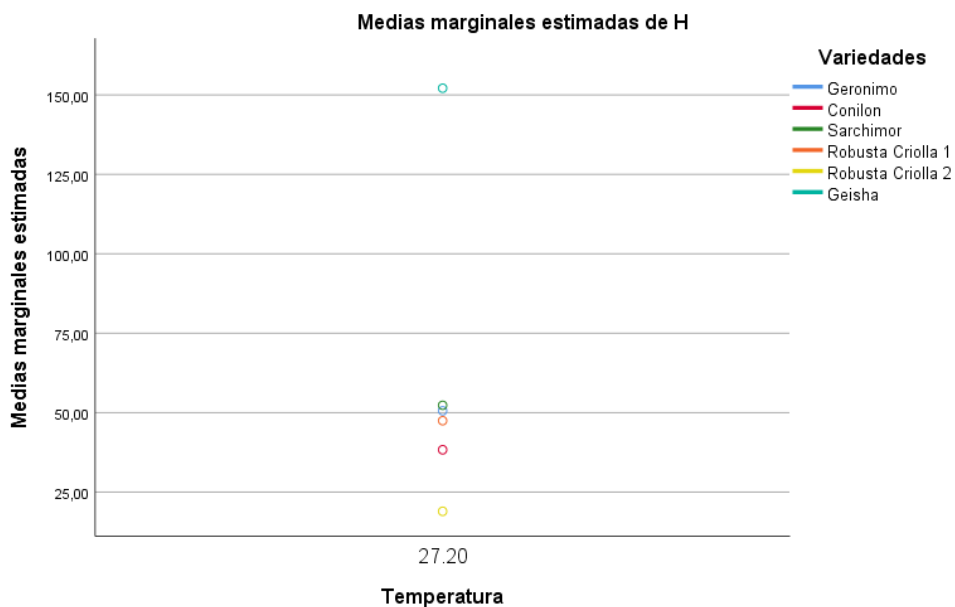


Figura 33: Diagrama de medias marginales de Altura de la Planta

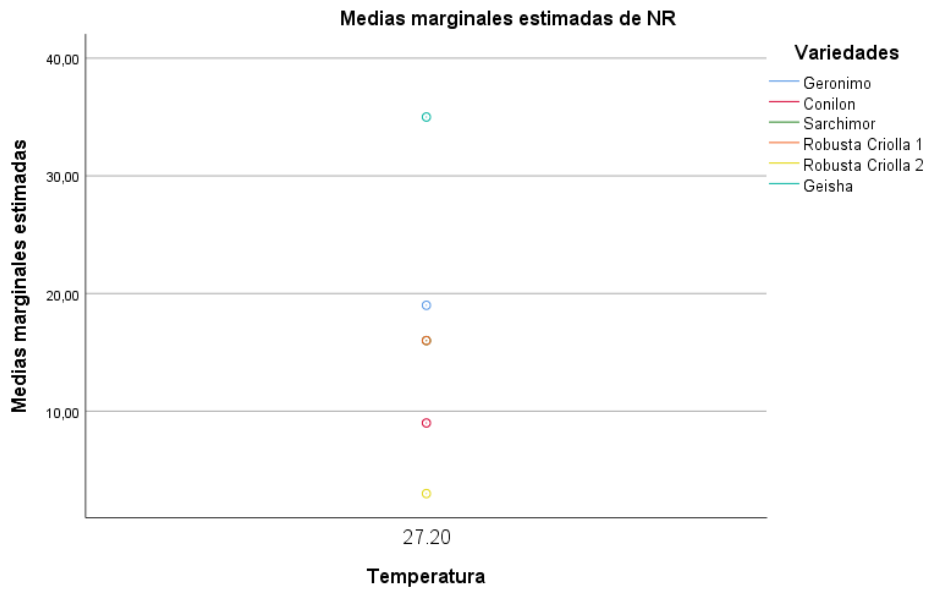


Figura 34: Diagrama de medias marginales del Numero de Ramas

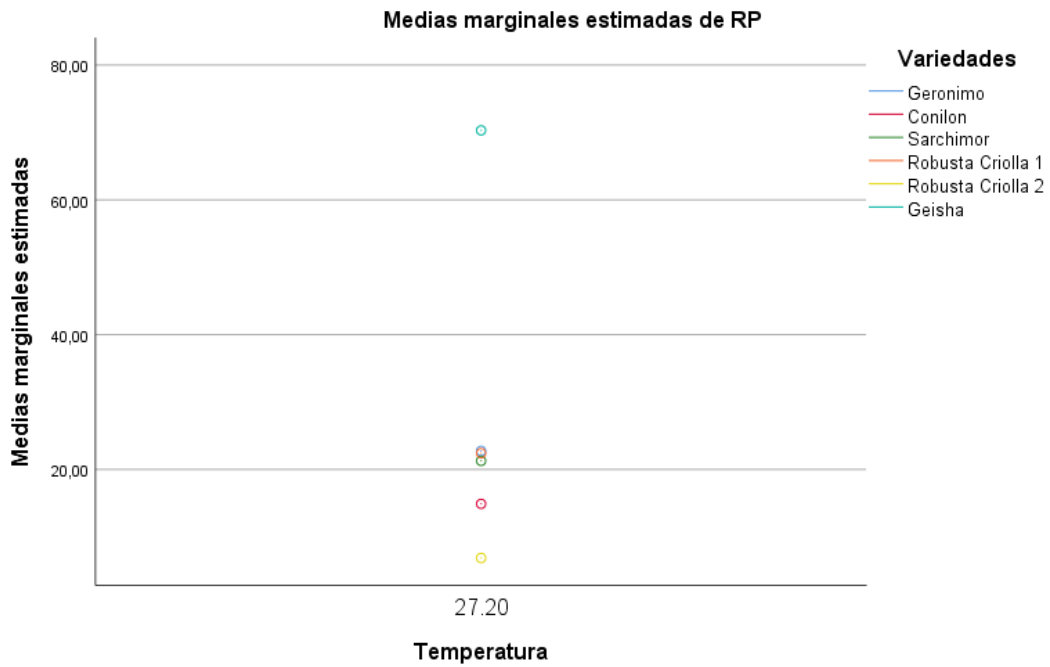


Figura 35: Diagrama de medias marginales del Radio de la planta

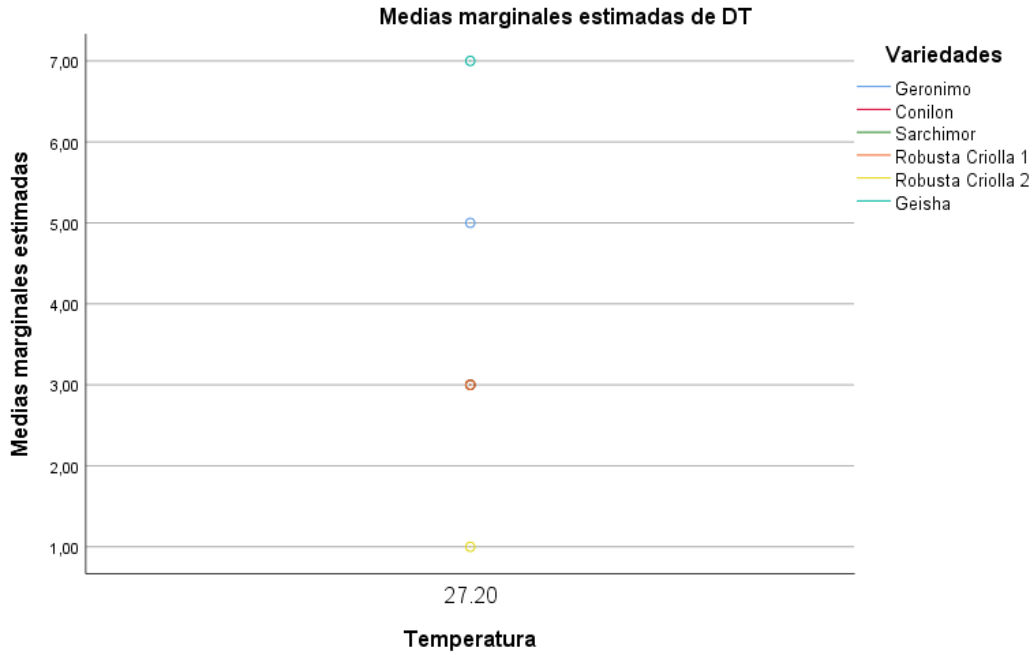


Figura 36: Diagrama de Medias marginales del Diámetro del Tronco

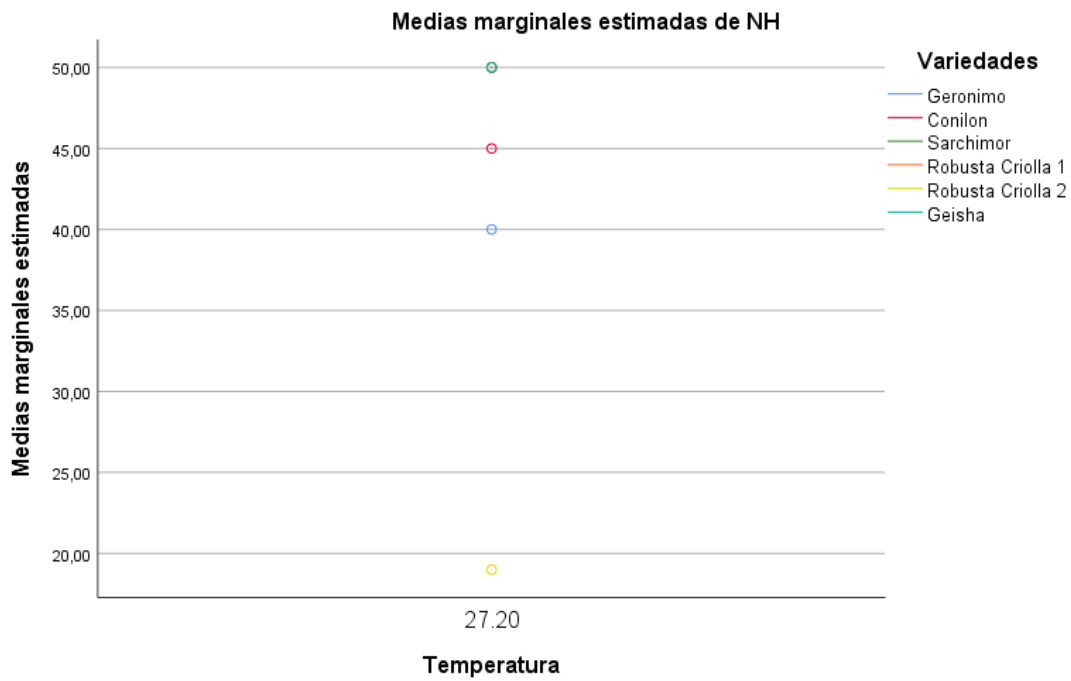


Figura 37: Diagrama de medias Marginales del Numero de hojas

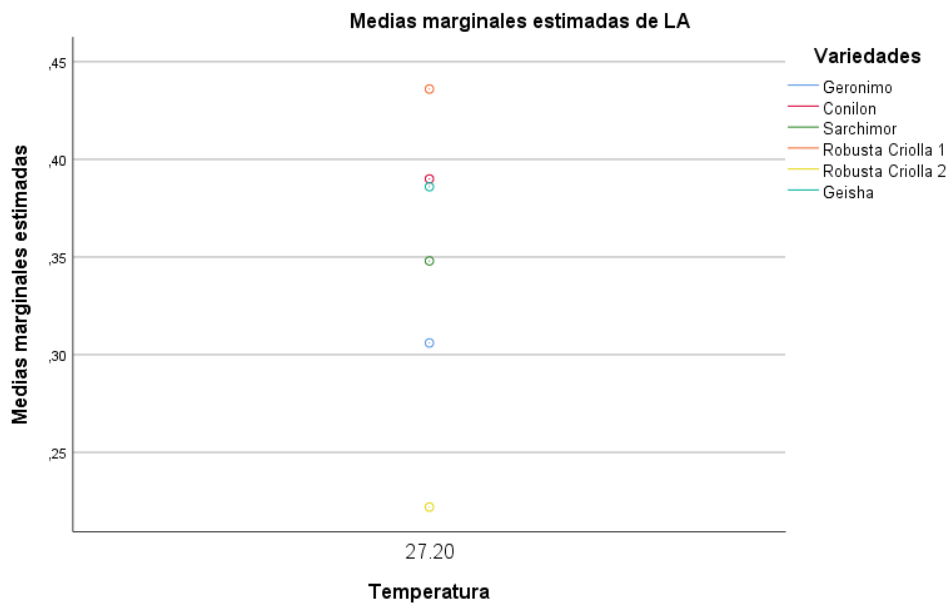


Figura 38: Diagrama de medias marginales de la Longitud de la Arista

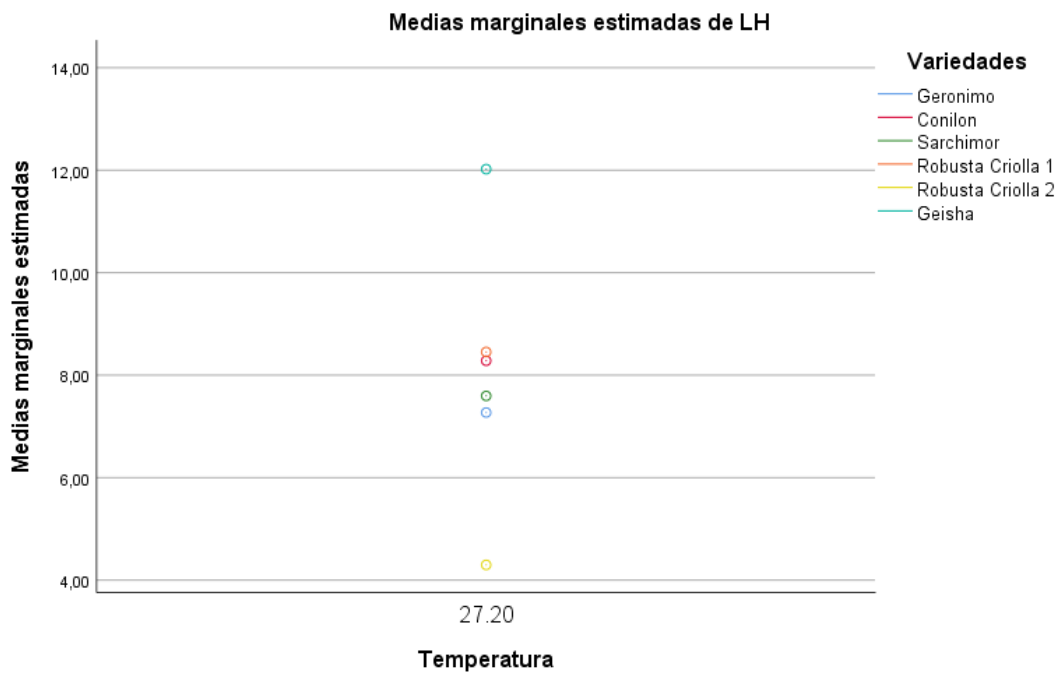


Figura 39: Diagrama de medias marginales de Longitud de la Hoja

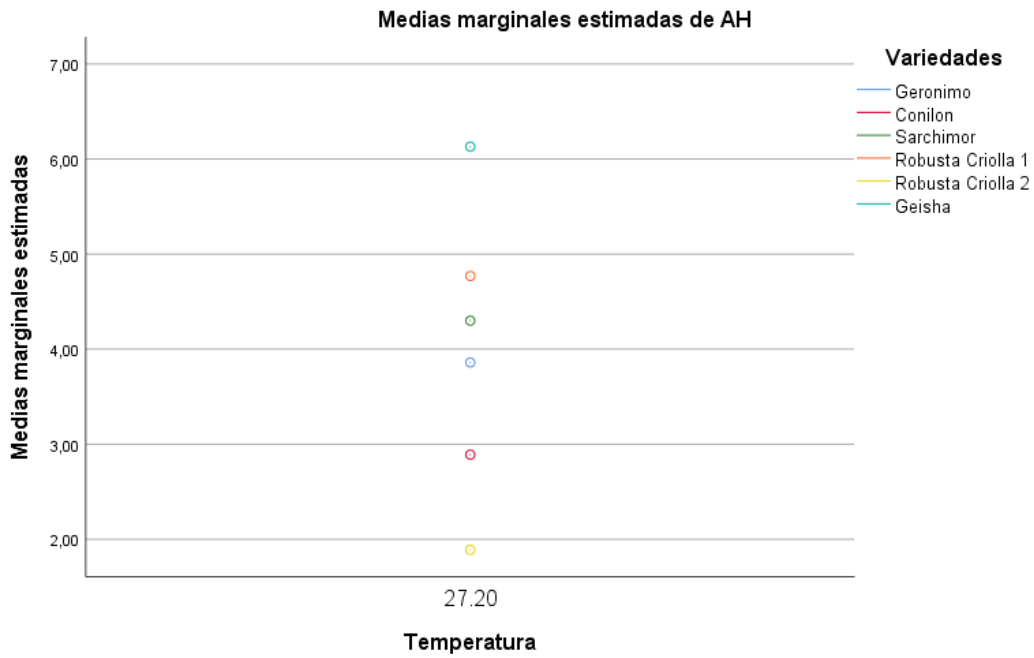


Figura 40: Diagrama de medias marginales de Ancho de la Hoja

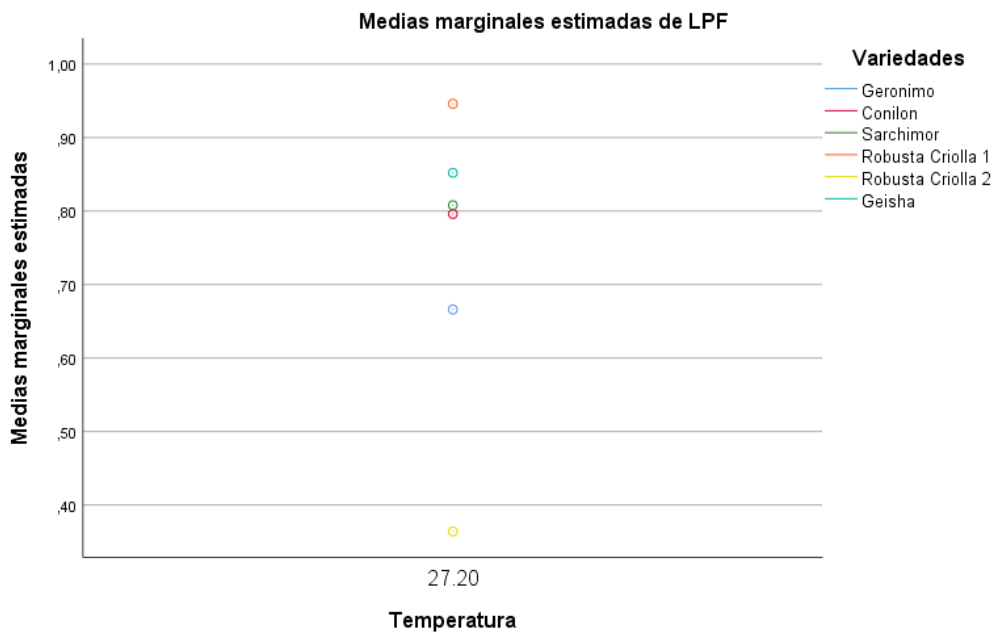


Figura 41: Diagrama de medias marginales de Longitud del Pecíolo Foliar

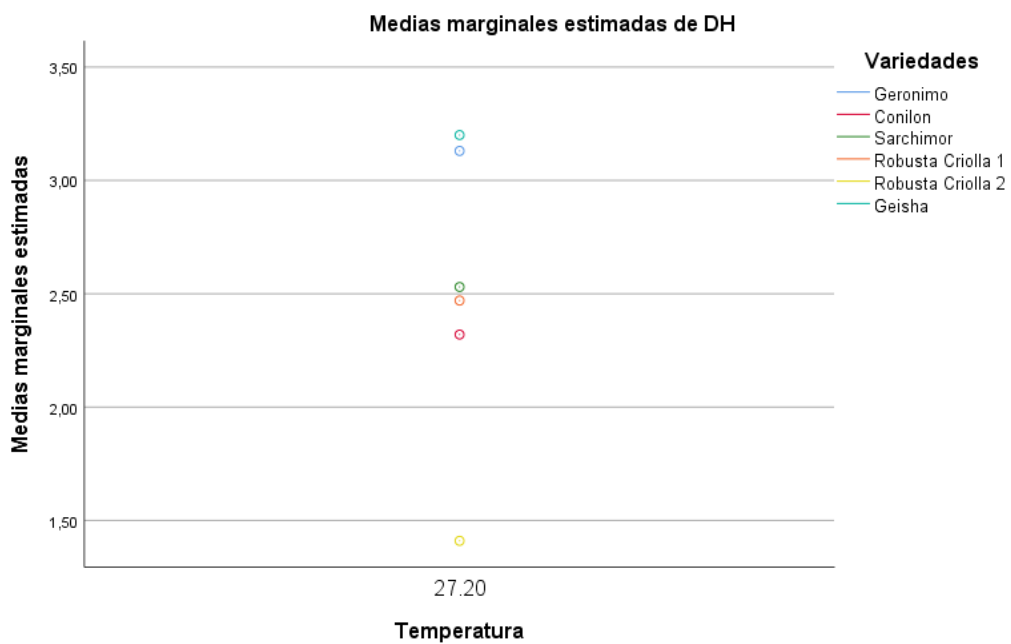


Figura 42: Diagrama de medias marginales de Distancia de Hojas

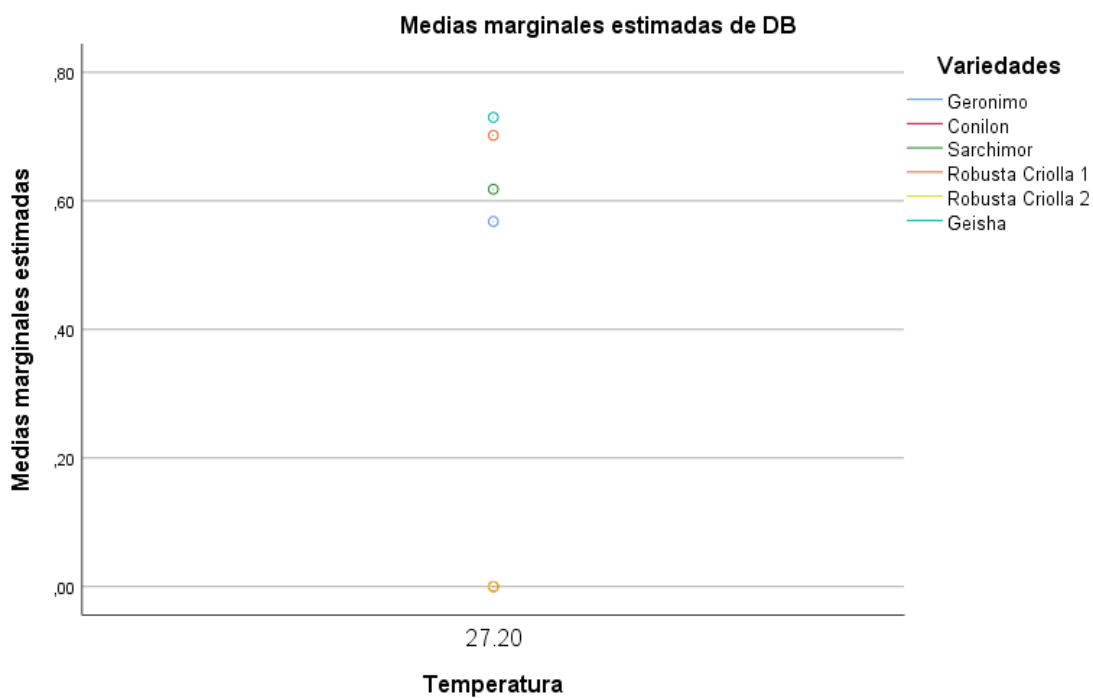


Figura 43: Diagrama de medias marginales de Distancia de Brotes

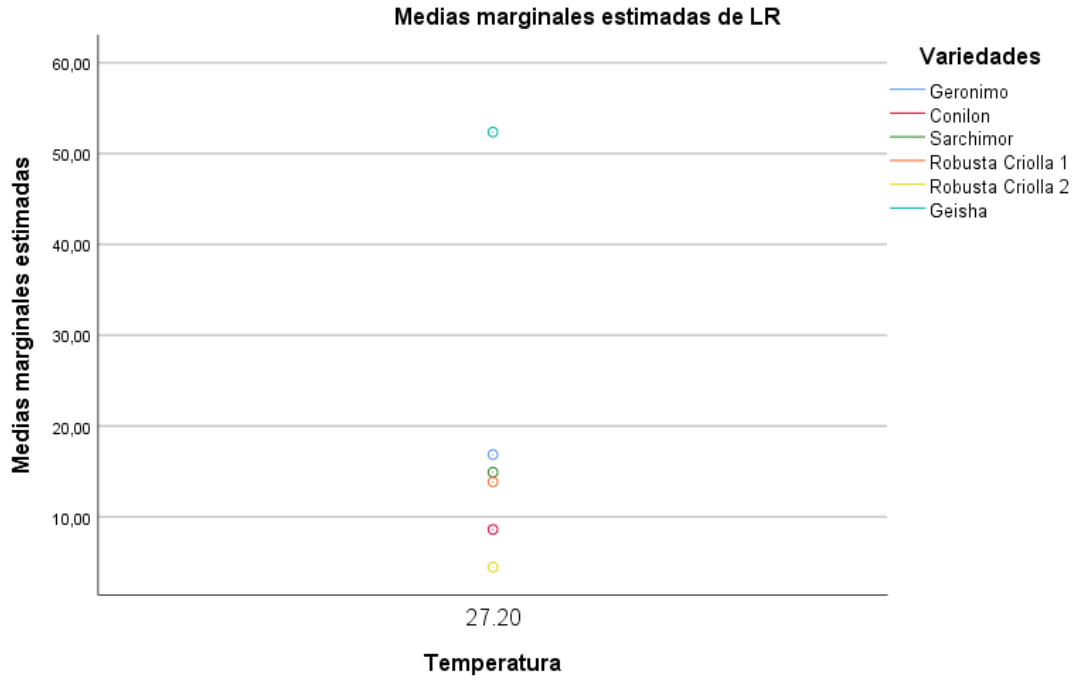


Figura 44: Diagrama de medias marginales de Longitud de Rama

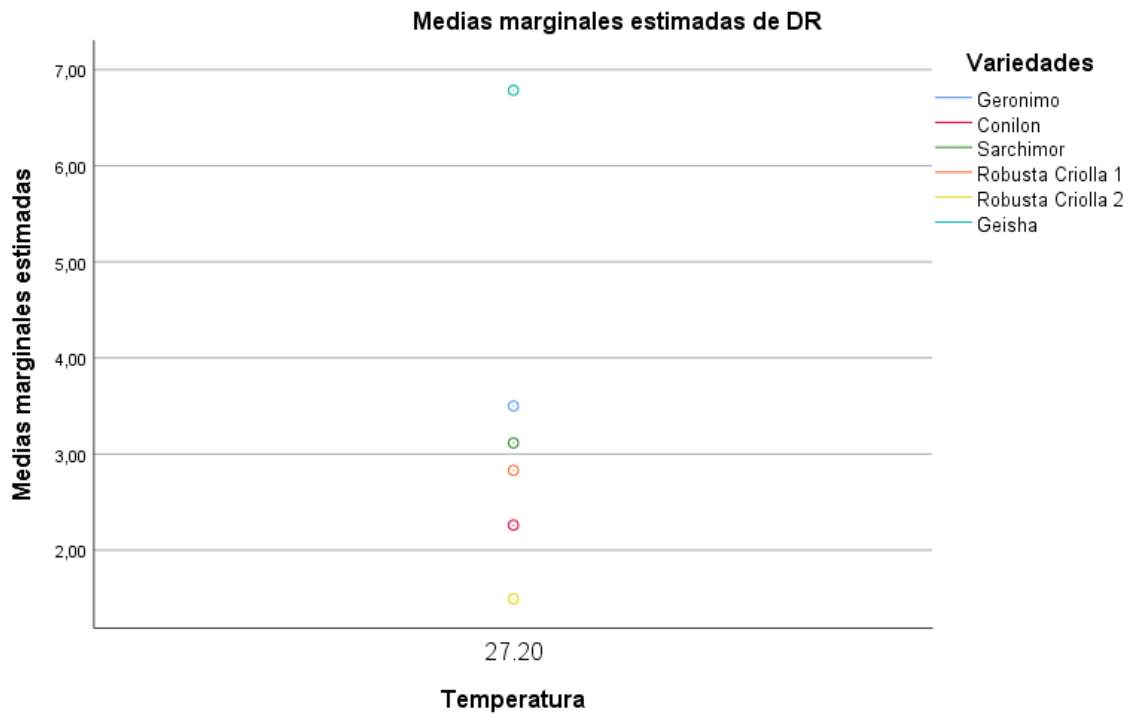


Figura 45: Diagrama de medias marginales de Distancia de rama

De acuerdo a los resultados obtenidos en función a la temperatura 27.20 °C la variedad de café que obtuvo resultados positivos es la Geisha, generando una excelente relación a su crecimiento y desarrollo, posteriormente le siguen las variedades Sarchimor, Gerónimo y Robusta Criollo 1. Sin embargo, existen dos variedades Conilon y Robusta criolla 2 las cuales no se desarrollaron adecuadamente en función a la temperatura.

Según Jaramillo & Guzmán (1984), el factor limitante para el crecimiento del cultivo de café es la temperatura tal que si esta varía entre los 8°C y 14 °C aproximadamente la planta tiene un crecimiento nulo (no hay crecimiento), cuando las temperaturas entre 30°C y 33°C son consideradas como límite de tolerancia superior para el cultivo de café haciendo que su sistema radicular no tenga un buen desarrolló lo cual provoca la disminución en el crecimiento de la planta de café.

4.3. Análisis de ANOVA

En el cuadro 1 del ANOVA podemos hacer referencia a las variables con mayor significancia como son las siguientes: HP (altura de la planta), RP (radio de la planta), LH (longitud de la hoja), LR (longitud de la rama) teniendo un nivel de significancia menor a 0,05; sin embargo, las demás variables NR (número de ramas), DT (diámetro del tallo), NH (número de hojas), LA (longitud de la arista), AH (ancho de la hoja), LPF (longitud del peciolo foliar), DH (distancia de hojas), DB (distancia de brotes) y DR (distancia de rama) muestran similitud lo cual presentan un nivel de significancia mayor a 0,05.

Cuadro 1: Análisis de ANOVA Para Datos De Descriptores

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
HP	Entre grupos	10829,111	2	5414,555	139,274	,001
NR	Entre grupos	533,333	2	266,667	14,815	,028
RP	Entre grupos	2456,765	2	1228,383	90,942	,002
DT	Entre grupos	18,333	2	9,167	9,167	,053
NH	Entre grupos	664,583	2	332,292	14,500	,029
LA	Entre grupos	,019	2	,010	3,094	,187
LH	Entre grupos	29,904	2	14,952	47,722	,005
AH	Entre grupos	8,967	2	4,484	6,954	,075
LPF	Entre grupos	,170	2	,085	6,502	,081
DH	Entre grupos	1,737	2	,869	6,813	,077
DB	Entre grupos	,282	2	,141	1,380	,376
LR	Entre grupos	1441,905	2	720,953	58,053	,004
DR	Entre grupos	15,947	2	7,974	29,340	,011

4.4. Análisis Componentes principales

De acuerdo a los datos obtenidos se realizó un Análisis de componentes principales para determinar el número de descriptores que tengan mayor influencia en su distinción y en la identificación de los mismo.

En el cuadro 2 de la matriz de componentes principales (comunalidades) podemos expresar que las variables que tiene mayor extracción o acercamiento al valor 1 son las siguientes: HP (altura de la planta), NR (número de ramas), RP (radio de la planta), DT (diámetro del tronco), LR (Longitud de la rama), DR (distancia de rama) las cuales dieron un mejor resultado a diferencia de las otras variables.

Cuadro 2: Matriz de componentes principales

Comunalidades

	Inicial	Extracción
Puntuación Z: HP	1,000	,960
Puntuación Z: NR	1,000	,992
Puntuación Z: RP	1,000	,966
Puntuación Z: DT	1,000	,911
Puntuación Z: NH	1,000	,962
Puntuación Z: LA	1,000	,920
Puntuación Z: LH	1,000	,923
Puntuación Z: AH	1,000	,946
Puntuación Z: LPF	1,000	,994
Puntuación Z: DH	1,000	,770
Puntuación Z: DB	1,000	,654
Puntuación Z: LR	1,000	,977
Puntuación Z: DR	1,000	,997

Método de extracción: análisis de componentes principales.

4.5. Varianza total explicada

En el análisis de varianza nos indica la cantidad de varianza que ejercen los descriptores, siendo los 5 primeros componentes los que acumulan el 100% de la varianza (Cuadro 3) como son los siguientes: el componente 1 (77,296), el componente 2 (14,104),

componente 3 (4,614), componente 4 (2,824) y componente 5 (0,457) esto nos indica que con estos componentes son suficientes para poder realizar una agrupación de caracteres por la presencia de variabilidad significativa que existe a diferencia de los demás componentes que no son tan significativos.

Cuadro 3: Varianza total explicada

Varianza total explicada			
Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	10,048	77,296	77,296
2	1,925	14,808	92,104
3	,600	4,614	96,718
4	,367	2,824	99,543
5	,059	,457	100,000
6	4,843E-16	3,725E-15	100,000
7	3,238E-16	2,491E-15	100,000
8	2,286E-16	1,759E-15	100,000
9	5,854E-17	4,503E-16	100,000
10	-8,907E-17	-6,851E-16	100,000
11	-1,734E-16	-1,334E-15	100,000
12	-6,969E-16	-5,361E-15	100,000
13	-1,506E-15	-1,158E-14	100,000

Método de extracción: análisis de componentes principales.

4.6. Descriptores más significantes

El gráfico de los componentes en espacio rotado nos permite determinar los descriptores que presentan mayor discriminación como se observa en la (Figura 43), teniendo en cuenta que cada punto significa un descriptor clasificándose en 3 grupos.

El primer grupo que se encuentra cerca al valor de 1 entre ellos ZLR (Longitud de rama), ZDR (Distancia de rama), ZHP (altura de la planta), ZNR (número de rama), ZDT

(diámetro del tronco), ZRP (Radio de la planta) siendo significativamente discriminante seguido del segundo grupo que son ZDH (distancia de hoja), ZLH (longitud de la hoja), ZAH (ancho de la hoja), ZDB (distancia de brotes) siendo el grupo intermedio y finalmente el tercer grupo representado por ZNH (número de hojas), ZLPF (longitud del peciolo foliar), ZLA (longitud de la arista) siendo significativamente no discriminante. Los descriptores ZLR, ZDR, ZHP, ZNR, ZDT, ZRP son los que establecen mayor viabilidad en las seis variedades de café.

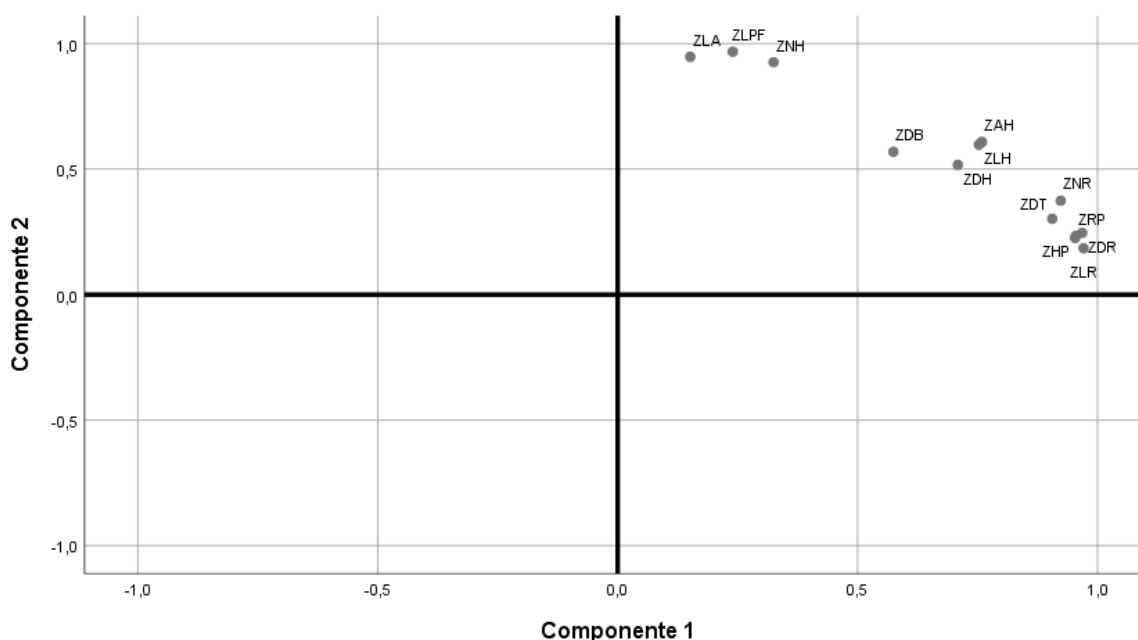


Figura 46: Resultado del análisis de Componente en espacio rotado de los 13 descriptores

4.7. Análisis de conglomerados de clúster

Para establecer la diferencia de las seis variedades de café se realizó un dendrograma como se representan en la (Figura 44) dividiéndose en 3 grupos de los cuales están agrupadas de la siguiente manera en el grupo 1 está conformado por las variedades Conilon, Sarchimor, Criollo 1 y Gerónimo que son variedades que tienen mucho más

aparecido entre sí. El grupo 2 por la variedad Criollo y el grupo 3 está conformado por la variedad Geisha que son los que no tiene similitud a las demás variedades de café estudiadas. Obteniendo un resultado muy satisfactorio en la variedad Geisha que se presentó con los mejores resultados a diferencias de las demás variedades de café.

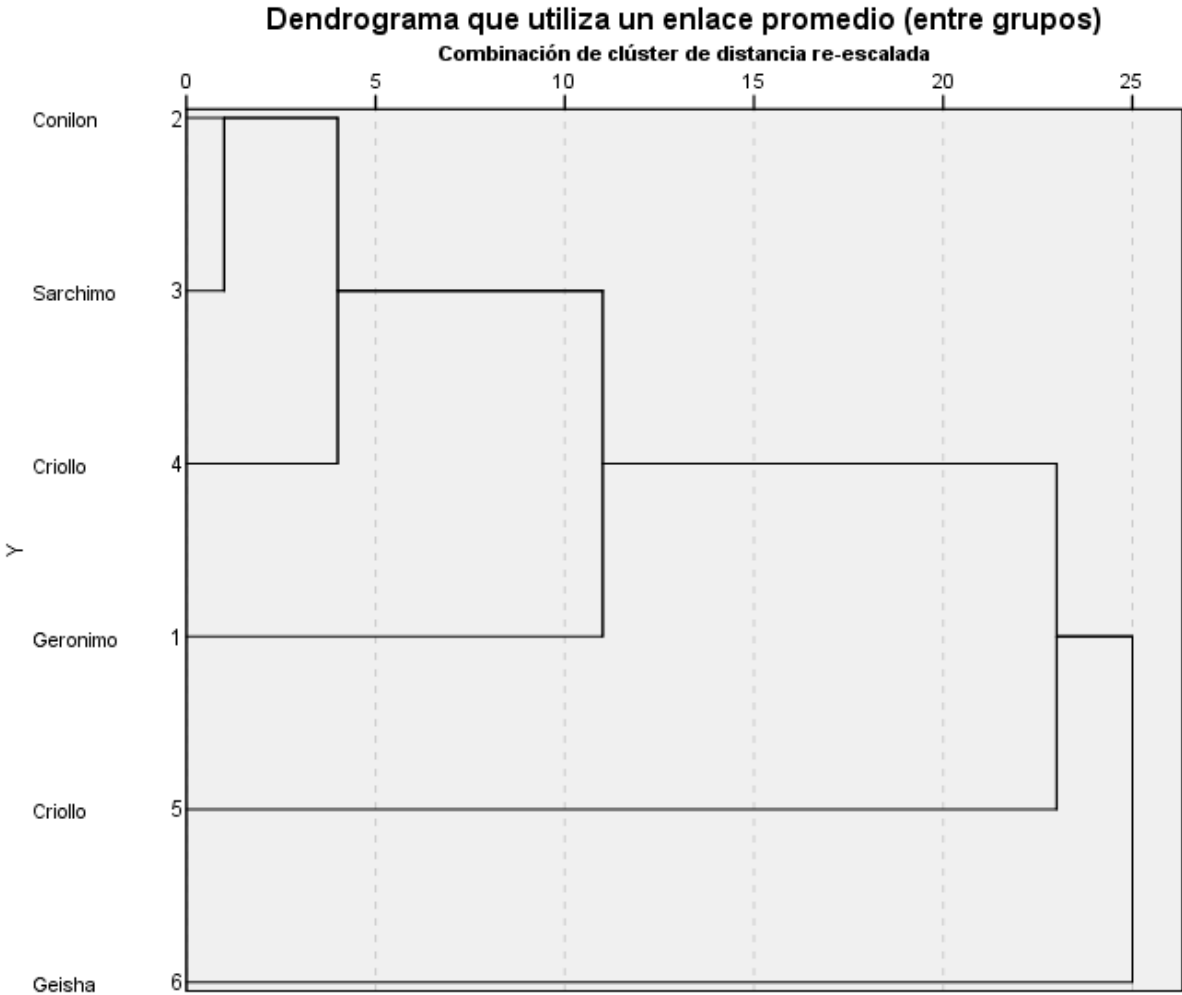


Figura 47: Dendrograma obtenido del análisis de conglomerado jerárquico de las 6 variedades de café.

5. CONCLUSIONES

- Se analizó que las seis variedades de café estudiadas hubo gran diversidad fenotípica la variedad Geisha que es el genotipo más idóneo en función a las condiciones edafoclimáticas en especial con la temperatura presentando valores estadísticos más altos y mostrando gran diferencia en los descriptores estudiados, seguidas de las variedades Sarchimor, Gerónimo y Robusta Criollo 1 que también se obtuvieron excelentes resultados.
- El análisis ANOVA presenta los descriptores que tuvieron mayor significancia que resultaron ser HP (Altura de la planta), RP (Radio de la planta), LH (Longitud de las hojas) y LR (Longitud de la rama).
- Los descriptores más discriminantes de los 13 utilizados fueron: ZLR (Longitud de la rama), ZDR (distancia de rama), ZHP (Altura de la planta), ZRP (Radio de la planta), ZDT (Diámetro del tronco), ZNR (Número de ramas) son los que presentan mayor diferencia estadística en relación a los otros descriptores
- El Dendrograma obtenido del análisis de conglomerado jerárquico arrojó un total de tres grupos los cuales los grupos 2 y 3 están formados por una sola variedad. La variedad Geisha y Criolla no presenta similitud para las otras variedades. Sin embargo, el grupo 1 con un total de 4 variedades Gerónimo, Sarchimor, Criolla robusta 1 y Conilon presentan características semejantes entre sí.

6. RECOMENDACIONES

- Conservar los mejores genotipos que presenten excelentes resultados para ser utilizadas en la producción y estudio de fitomejoramiento en el cultivo de café.
- Tener en cuenta las variables más discriminantes para elaboraciones futuros de proyectos en fitomejoramiento que puedan ser utilizados para la obtención de nuevos cultivares, permitiendo al agricultor aportar un desarrollo en la producción cafetalera del Ecuador especialmente en las zonas de Machala, Santa Rosa, Pasaje y el Guabo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrocode. (20 de Octubre de 2019). *El cultivo del café, ¿cómo mejorar el enraizamiento y el desarrollo de los plántones?* Obtenido de El cultivo del café, ¿cómo mejorar el enraizamiento y el desarrollo de los plántones?: <https://agrocode.com/blog/2019/10/20/el-cultivo-del-cafe-como-mejorar-el-enraizamiento-y-el-desarrollo-de-los-plantones/>
- Alejos, G., Monasterio, P., & Rea, R. (2006). ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO -AMBIENTE PARA RENDIMIENTO DE MAÍZ EN LA REGIÓN MAICERA DEL ESTADO YARACUAY, VENEZUELA. *Agronomía Tropical*, 56(3), 369-384. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/262784262_EVALUATION_OF_THE_GENOTYPE-ENVIRONMENT_INTERACTION_FOR_MAIZE_YIELD_IN_YARACUAY_STATE_VENEZUELA
- Amores, F., Duicela, L., Corral, R., Guerrero, H., Vasco, A., Motato, N., . . . Guedes, R. (2004). Variedades mejoradas de café arábigo una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. *INIAP - Estación Experimental Pichilingue*.
- Anzueto, F. (2013). Variedades de café resistente a la roya . *El Cafetal la revista del caficultor*(35), 5.
- Arcila, J., Farfan, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapie, E. (2007). *Sistema de producción de café en Colombia*. (H. Ospina, & S. Marin, Edits.) Chinchina: FNC-Cenicafe.
- Banegas, K. (2009). *Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (Coffea arabica) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras*. Turrialca, Costa Rica : CATIE.
- Barva, & Heredia. (Junio de 2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. Costa Rica: CICAFAE .
- BCE. (Abril de 2020). Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario. *Banco Central del Ecuador*, 33. Obtenido de www.bce.ec
- Blanco, M., Haggar, J., Moraga, P., Jazmín, d., & Pavón, G. (2003). Morfología del café (coffea arabica l.), en lotes comerciales. Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 97-103. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714114>
- Bustamante, F., Hernando, C., Van Heeren, N., Torres, G., & Romero, R. (2013). *Guía Buenas practicas para la producción de café*. Bogota: Solidaridad. Obtenido de www.solidaridadnetwork.org

- Carnet, G., Soto, C., Ocampo, P., Rivera, J., Navarro, A., Guatemala, G., & Villanueva, S. (2016). La situación y tendencia de la población de café en América Latina y El Caribe. *IICA*, 25.
- Ciriaco, M. (2012). *Producción de cafés especiales. Manual Técnico*. Lima: Equipo técnico del proyecto Fondoempleo, Programa Selva Central – desco.
- Cisnero Zayas, E., Rey García, R., Martínez Varona, R., López Seijas, T., & González Robaina, F. (2015). Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el café en la provincia de Pinar del Río. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 23-30. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200004&lng=es&tlng=es.
- Correa, M. (2011). *INCIDENCIA DEL CAFÉ EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA 2006 – 2009*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL “FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS”.
- Cumbicus, E., & Jimenez, R. (2012). *Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador*. Loja, Ecuador : Universidad Técnica Particular de Loja .
- Damatta, F., Ronchi, C., Maestri, M., & Barros, R. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol*, 19(4), 485-510.
- De França, F., Freitas, J., Medeiros, J., & Dos Santos, M. (Abril de 2004). *Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia*. (M. de Souza, Ed.) Porto Velho: Embrapa Rondônia. Obtenido de www.cprafro.embrapa.br
- Duicela, L., Andrade, J., Farfán, D., & Velásquez, S. (2018). Calidad organoléptica, métodos de beneficio y cultivares de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) en la amazonia del Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2), 239-253. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541011>
- Duicela, L., Corral, G., & Chilán, W. (2016). SELECCIÓN DE “CABEZAS DE CLON” EN CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) EN EL TRÓPICO SECO, ECUADOR. *Revista ESPAMCIENCIA*, 7(1), 23-35.
- Duicela, L., del Rocio, S., & Farfán, D. (2017). CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE CAFÉS ARÁBIGOS EN RELACIÓN A LAS VARIEDADES Y ALTITUDES DE LAS ZONAS DE CULTIVO, ECUADOR. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 67-77. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=813/81351597010>
- Duicela, L., Martínez, M., Loo, R., Morris, A., Guzmán, A., Monroy, C., & Chilán, W. (2018). GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN ORGANIZACIONAL PARA REACTIVAR LA CADENA PRODUCTIVA DEL CAFÉ ROBUSTA, ECUADOR. *Revista ESPAMCIENCIA*, 61-72.

- El Telégrafo. (26 de Julio de 2014). *Los productores reciben asistencia técnica, kits con insumos y fertilizantes y semilla certificada*. Obtenido de Los productores reciben asistencia técnica, kits con insumos y fertilizantes y semilla certificada: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/75-millones-para-reactivar-sector-cafetero-infografia>
- Enriquez, G., & Duicela, L. (10 de Enero de 2014). *Guia Tecnica para la produccion y poscosecha del cafe arabigo*. Obtenido de Guia Tecnica para la produccion y poscosecha del cafe arabigo: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/guia-tecnica-produccion-y-poscosecha-del-cafe-arabigo/guia-tecnica-produccion-y-poscosecha-del-cafe-arabigo.shtml>
- Espinoza, K., Toapanta, M., García, J., Vásquez, H., & Jiménez, J. (2017). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA CALIDAD DE PLANTAS DE CAFÉ (Coffea arábica L) MEDIANTE INJERTO HIPOCOTILEDONAR, EN CALUMA, ECUADOR. *Revista de Investigación Talentos*, IV(1), 87-94.
- Ferrão, R., Almeida, A., Gava, M., Verdin, A., Volpi, P., Herzog, L., . . . Zucateli, F. (2012). *CAFÉ CONILON TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN CON VARIEDADES MEJORADAS*. Vitória, ES: Incaper (Instituto Capixaba de Investigación, Asistencia Técnica y Extensión Rural).
- FIAGRO. (Enero de 2005). Manual de Caficultura Organica. *FIAGRO, Fundacion para la Innovacion Tecnologica Agropecuaria*, 9-10.
- Figueroa, E., Perez, F., & Godinez, L. (2015). *La producción y el consumo del café*. (M. GARCIA, Ed.) España: ECORFAN - Spain. Obtenido de www.ecorfan.org/spain
- ForumCafe. (2020). El Cafe en el Ecuador. *Revista Fórum Café*(80). Obtenido de www.revistaforumcafe.com
- Franco, T., & Hidalgo, R. (2003). *Analisis Estadistico de Datos de Caracterizacion Morfologica de Recursos Fitogeniticos*. (A. Ramírez, Ed.) Cali, Colombia: Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- García, J. (30 de Diciembre de 2010). *Tipos de Hoja*. Obtenido de Tipos de Hojas: <https://biologia.laguia2000.com/botanica/tecnicas-de-botanica/tipos-de-hojas>
- Gómez, G. (2010). CULTIVO Y BENEFICIO DEL CAFÉ. *Revista de Geografía Agrícola*(45), 103-193. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=757/75726134008>
- Gómez, S. (11 de Mayo de 2020). *Quecafe*. Obtenido de Quecafe: <https://quecafe.info/guia-origen-diferencias-variedades-de-cafe/>
- Gotteland, M., & De Pablo, S. (2007). Algunas Verdades sobre el Cafe. *Revista Chilena de Nutricion*, 34(2), 105-115. doi:10.4067/S0717-75182007000200002

- Hernandez, A. (Julio de 2013). Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 113-118. Obtenido de <http://biociencias.uan.edu.mx>
- Ibarra, J., Aguirre, J., Ley, A., Cadena, J., & Zavala, G. (Mayo-Agosto de 2014). *offea canephora* (Pierre) ex Froehner INOCULADO CON MICORRIZA Y BACTERIA FIJADORA DE NITRÓGENO EN VIVERO. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 20(2), 201-213. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60931891006>
- IPGRI . (1996). *Descriptores del Cafe (Coffea spp. y Psilanthus spp.)*. (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos).
- Jaramillo, A., & Guzmán, O. (Septiembre de 1984). RELACION ENTRE LA TEMPERATURA Y EL CRECIMIENTO EN *Coffea arabica* L, VARIEDAD CATURRA. *CENICAFE*, 35(3), 57-65. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10778/708>
- Jiménez, A., & Massa, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, 117-137. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195648804006>
- Márquez, Y., Salomón, J., & Acosta, R. (Marzo de 2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 41(1), e10. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000100010&lng=es&tlng=es.
- Milla, M., Oliva, S., Leiva, S., Collazos, R., Gamarra, O., Barrena, M., & Maicelo, J. (2019). Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. *Acta Agronomía*, 68(4), 271-277. doi:10.15446/acag.v68n4.70496
- Monroig, M. (2001). Morfología del cafeto. En M. Monroig, *Manual para una caficultura sostenible en Puerto Rico*. Puerto Rico : University of Puerto Rico (Mayagüez Campus). Agricultural Extension Service.
- Monroig, M. (s.f.). *DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES DE Coffea arabica MAS CULTIVADAS EN PUERTO RICO*.
- Palma, R., De los Santos, J., & García, L. (2019). Técnicas de manejo y conservación de suelos en escenarios cafetaleros en zonas susceptibles a erosión. *Revista Killkana Técnica*, 3(1), 13-18. doi:10.26871/killkana_tecnica.v3i1.470
- Pérez. (2016). *ORIGEN DEL CAFÉ EN COSTA RICA AVANCE EN EL DESARROLLO DE NUEVAS VARIEDADES*. CICAPE.
- Philpott, S., Arendt, W., Armbrecht, I., Bichier, P., Diestch, T., Gordon, C., . . . Zolotoff, J. (3 de April de 2008). Biodiversity Loss in Latin American Coffee Landscapes:

- Review of the Evidence on Ants, Birds, and Trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093-1105. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x
- Plaza, L., Loor, R., Guerrero, H., & Duicela, L. (2015). CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DEL GERMOPLASMA DE *Coffea canephora* Pierre BASE PARA SU MEJORAMIENTO EN ECUADOR. *ESPAMCIENCIA*, 6(1), 7-13.
- Ponce, L., Orellana, K., & Acuña, R. (2016). Diagnostico de un sistema de innovacion tecnologico cafetalera en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 4(2), 120-129. doi:2310-3469
- Ponce, L., Orellana, K., Acuña, I., Alfonso, J., & Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307-325. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=pt&tlng=es.
- Pozo, M., & Zabala, V. (2014). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 - 2011*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/TESIS/documentos%20para%20la%20tesis/documentos%20de%20la%20tesis/documentos/An%C3%A1lisis%20de%20los%20factores%20que%20inciden%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20café%20en%20el%20ecuador%202000-2011%20publi.%202014%20pozo>
- Procafe. (28 de Abril de 2017). *Tipos de café: arábica y robusta*. Obtenido de Tipos de café: arábica y robusta: www.productosdelcafe.com
- Quijano, J. (2009). *Conozca la Variedad de Café "Centroamericano" para la Caficultura del Futuro*. Santa Tecla: PROCAFE .
- Quintana, A., Iracheta, L., Méndez, I., & Alonso, M. (2017). Caracterización de genotipos élite de *Coffea canephora* por su tolerancia por sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 183-198. doi:10.15517/am.v28i1.23874
- Salazar, C. (2010). *Typica Villalobos Cultivar*. Zarcero: Sweet Maria's Coffee, Thompson Owen. Obtenido de <https://www.sweetmarias.com/travelogues/CostaRicaJan2010/Pages/29.html>
- Sánchez, J. (2015). *PLAN DE MANEJO DE CAFÉ EN EL AMBITO DEL VRAEM*. Peru: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Santelices, M. (2019). *Propuesta para crear una identidad cafetera en Las Tolas, a partir de la capacitación de la comunidad en la plantación de café y sus productos elaborados*. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
- Santistevan, M., Julca, A., Borjas, R., & Tuesta, O. (2014). CARACTERIZACIÓN DE FINCAS CAFETALERAS EN LA LOCALIDAD DE JIPIJAPA (MANABÍ,

- ECUADOR). *Ecología Aplicada*, 13(2), 187-192. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34132815013>
- Sotomayor, I., & Duicela, L. (1993). *Manual del Cultivo del Cafe*. Quevedo: INIAP - Estación Experimental Pichilingue. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Manual%20del%20cultivo%20de%20cafe%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Manual%20del%20cultivo%20de%20cafe%20(4).pdf)
- Valverde, Y., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchán, W., & Gabriel, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18-28. doi:10.36610/j.jsars.2020.110100018
- Velásquez, R. (2019). Guía de Variedad de café Guatemala. *Anacafé (Asociación Nacional del Café)*, 16-42.
- Venegas, S., Orellana, D., & Pérez, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 2(2), 72-91. doi:10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91
- Villalta, J., & Gatica, A. (2019). Una mirada en el tiempo: mejoramiento genético de café mediante la aplicación de la biotecnología. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577-599. doi:10.15517/am.v30i2.34173
- WORLD COFFEE RESEARCH. (30 de Enero de 2018). *ARABICA COFFEE VARIETIES*. Obtenido de [ARABICA COFFEE VARIETIES: varieties.worldcoffeeresearch.org](http://ARABICA_COFFEE_VARIETIES.varieties.worldcoffeeresearch.org)
- Zapata, O., Espinoza, K., Melena, N., & Moncayo, J. (2015). Caracterización Agromorfológica de nueve variedades de café arábigo (*Coffea arabica* L.) en el cantón Caluma, provincia Bolívar, Ecuador. *Avances. Revista de Investigación Talentos*, 11(2), 46-51. Obtenido de talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/74

8. ANEXOS

#	Habit o de la Planta	Altura	Diámetro del tronco	Altura de la planta	# ramas	# De hojas	Habito de ramificación	Diámetro de la planta	Número de Hojas	Long de la arista	color de la hoja	Forma del ápice	Long. hoja	Ancho de la hoja	Long del peciolo	distancia de rama	Distancia de las hojas	Distancia brotos	F. de nervadura
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

Anexo 1: Cuadro para la toma de datos

Variedades	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22
Geronimo	2	3	1	2	3	2	4	1	3	50.59	19	22.74	5	40	0.306	7.27	3.862	0.666	3.13	0.568	16.84	3.502
Conilon	2	3	1	2	2	4	4	1	3	38.32	9	14.9	3	45	0.39	8.282	2.886	0.796	2.318	0	8.596	2.264
Sarchimor	2	3	1	2	6	2	4	1	3	52.32	16	21.28	3	50	0.348	7.596	4.304	0.808	2.532	0.618	14.894	3.116
Robusta Criollo 1	2	3	1	2	3	3	3	1	3	47.47	16	22.41	3	50	0.436	8.452	4.788	0.946	2.466	0.702	13.84	2.83
Robusta Criollo 2	1	1	1	2	2	2	3	1	3	18.95	3	6.87	1	19	0.222	4.298	1.892	0.364	1.408	0	4.456	1.494
Geisha	2	7	2	2	6	3	3	1	3	152.12	35	70.31	7	50	0.386	12.02	6.126	0.852	3.204	0.73	52.358	6.784

Anexo 2: Matriz de las 6 variedades de café estudiados



Anexo 3: Implementación del área experimental de las variedades de café



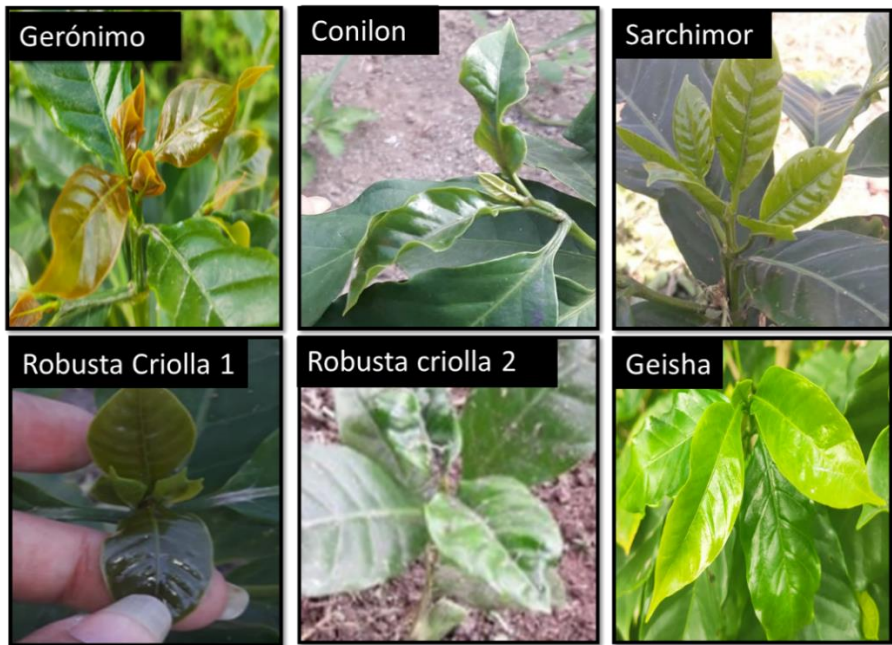
Anexo 4: Toma de datos en plantas



Anexo 5: Plantas donadas por el Municipio de Zaruma del semillero de café



Anexo 6: Variedades de café



Anexo 7: Color de las hojas jóvenes



Anexo 8: Longitud de la rama



Anexo 9: Altura de la planta



Anexo 10: Distancia de rama



Anexo 11: Diámetro del tronco



Anexo 12: Variedad Geisha