



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, MODALIDAD
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE *Coffea arábica*, PROVENIENTES DE
PLANTAS SEMILLERAS EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN EL CAMPUS
YUYUCOCHA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERA FORESTAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor:
Karla del Pilar Rosero Torres.

Director:
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Ibarra, Ecuador

2024



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004054555		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rosero Torres Karla del Pilar		
DIRECCIÓN:	Av. 13 de Abril y Pichincha		
EMAIL:	kdroserot@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0989799794

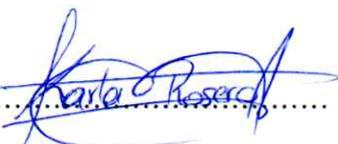
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE Coffea arábica, PROVENIENTES DE PLANTAS SEMILLERAS EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN EL CAMPUS YUYUCOCHA
AUTOR (ES):	Rosero Torres Karla del Pilar
FECHA: AAAAMMDD	2024/11/07
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Karla del Pilar Rosero Torres, con cédula de identidad Nro. 1004054555, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 07 días del mes de noviembre de 2024.

EL AUTOR:

Firma..........

Nombre: Rosero Torres Karla del Pilar

CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días, del mes de noviembre de 2024.

EL AUTOR:

Firma.....



Nombre: Rosero Torres Karla del Pilar

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 07 de noviembre de 2024

Mgs. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que seajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo supresentación para los fines legales pertinentes.

(f)

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

C.C.: 1002018941

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE *Coffea arábica*, PROVENIENTES DE PLANTAS SEMILLERAS EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN EL CAMPUS YUYUCOCHA**” elaborado por **Rosero Torres Karla del Pilar** previo a la obtención del título del **Ingeniera Forestal**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

C.C.: 1002018941

(f):.....

Ing. Guillermo David Varela Jácome, Mgs.

C.C.: 1003648712

DEDICATORIA

Hoy este trabajo lo quiero dedicar a mis padres, por siempre tener su amor y apoyo incondicional el cual ha permanecido desde el inicio de esta carrera y en cada una de las decisiones que tome en todo el transcurso profesional, infinitas gracias por siempre motivarme a alcanzar mis sueños y no dejarme caer nunca.

A aquellas personas que me han aportado con un granito de aliento en cada momento, mil gracias por su apoyo y su comprensión incondicional, me acompañaron en cada momento de forma directa e indirecta, pero celebrando pequeños logros junto a mí. A mis queridos ingenieros que me brindaron su conocimiento, su orientación y su paciencia en esta travesía académica.

A mi pareja, Kevin David, que siempre estuvo presente en cada pasito de mi carrera dándome la mano para seguir adelante y no dejarme caer en los momentos más difíciles, brindándome su comprensión, su paciencia, su apoyo y sobre todo por su amor incondicional en todo momento. Gracias por cada palabrita de aliento cada vez que lo necesitaba, por tu compañía en esas noches de desvelos y por ser mi refugio en esos momentos donde el estrés me invadía y tú me ayudabas a calmarlo. Gracias por ser parte de este gran triunfo y poder compartirlo juntos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme culminar mis estudios y esta investigación en tan prestigiosa Institución. Quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que aportaron y apoyaron con en la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis Mgs. Hugo Vallejos y a mi asesor Mgs, Guillermo Varela, por su incomparable guía y apoyo en todo este trayecto, por su paciencia y consejos a lo largo de todo este proceso. Su compromiso, dedicación y conocimientos brindados fueron fundamentales para culminar con mi investigación.

A mi familia, gracias infinitas por siempre apoyarme, comprenderme y brindarme ese amor incondicional, el cual fue ayuda para no rendirme siendo mi impulso a seguir adelante y enfrentar todos aquellos retos presentados en este trayecto.

Quiero expresar mi agradecimiento a cada una de las personas que formo parte de este proceso, a cada uno de ustedes mil gracias por hacer posible esta meta que hoy quiero celebrar con ustedes. Gracias por caminar a la par en este trayecto y logro académico.

RESUMEN

Ecuador cuenta con una rica tradición cafetera que ha evolucionado con el tiempo en diversas zonas del país, gracias a la variedad de condiciones climáticas que presentan sus regiones. Sin embargo, muchas provincias no han fomentado la producción de *Coffea arábica*, a pesar de que esta variedad se adapta excelentemente a las condiciones locales. Los caficultores pueden beneficiarse de información adecuada para producir plántulas de calidad en viveros, lo que les permitirá cultivar plantas sanas y promover su óptimo desarrollo. El objetivo principal de este estudio es evaluar y analizar el comportamiento de diferentes procedencias de *Coffea arábica* en la producción de plántulas de calidad en un vivero bajo condiciones controladas. Se realizó una comparación de la calidad de las plantas obtenidas tras analizar factores relevantes para su producción. El proceso inicia con el análisis y la aplicación de las normas ISTA para las semillas seleccionadas para el ensayo. Posteriormente, se evaluó la calidad de cada variedad y, finalmente, se analizó los resultados de las plantas cultivadas. Los resultados obtenidos reflejan diferencias significativas en la caracterización fenotípica y cuantitativa, ya que las semillas provienen de un sistema agroforestal sin condiciones controladas. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la calidad de las semillas, dado que fueron bien cuidadas tras la cosecha. En cuanto a la calidad de las plantas, se observó una diferencia no significativa, ya que todas fueron cultivadas en un vivero con condiciones controladas, lo que minimizó la variabilidad entre las tres variedades de *Coffea arábica*.

Palabras clave: Cafeto, Calidad de planta, Procedencias.

ABSTRACT

Ecuador has a rich coffee-growing tradition that has evolved over time in various areas of the country, thanks to the variety of climatic conditions in its regions. However, many provinces have not promoted the production of *Coffea arabica*, despite the fact that this variety is excellently suited to local conditions. Coffee growers can benefit from adequate information to produce quality seedlings in nurseries, allowing them to cultivate healthy plants and promote their optimal development. The main objective of this study is to evaluate and analyze the behavior of different *Coffea arabica* provenances in the production of quality seedlings in a nursery under controlled conditions. A comparison will be made of the quality of the plants obtained after analyzing relevant factors for their production. The process begins with the analysis and application of ISTA standards for the seeds selected for the trial. Subsequently, the quality of each variety will be evaluated, and finally, the results of the cultivated plants will be analyzed. The results obtained show significant differences in the phenotypic and quantitative characterization, as the seeds come from an agroforestry system without controlled conditions. However, no significant differences were found in the quality of the seeds, as they were well cared for after harvest. Regarding plant quality, a non-significant difference was observed, as all were grown in a nursery with controlled conditions, minimizing variability among the three varieties of *Coffea arabica*.

Keywords: Coffee plant, Plant quality, Provenances

LISTA DE SIGLAS

ANOVA: Análisis de la varianza.

ASABE: Engineering a Sustainable Future.

CENICAFÉ: Centro Nacional de Investigaciones de Café

CIEFAP: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico.

CINACAFE: Congreso Interamericano de Café

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FIPRODEFO: Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco.

FNC: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

ISTA: Asociación Internacional de Análisis de Semillas.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	15
Problema de Investigación.....	17
Justificación	18
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos.....	18
Hipótesis.....	19
CAPÍTULO I.....	20
MARCO TEÓRICO	20
1.1 ¿Qué es Procedencia?	20
<i>1.1.1 Origen</i>	<i>20</i>
1.2 ¿Qué es El Café?	20
1.3 Morfología del Café.....	20
1.4 Variedades de Café	22
<i>1.4.1 Variedad Caturra</i>	<i>22</i>
<i>1.4.2 Variedad SL28</i>	<i>22</i>
<i>1.4.3 Variedad Bourbon.....</i>	<i>22</i>
1.5 Adaptación del Cafeto.....	22
<i>1.5.1 ¿Qué se entiende por Adaptación?</i>	<i>22</i>
1.6 Mejoramiento Genético	23
<i>1.6.1 Objetivo de Procedencia.....</i>	<i>23</i>
<i>1.6.2 Adaptación</i>	<i>24</i>
<i>1.6.3 Productividad</i>	<i>24</i>
1.7 Identificación de la Procedencia.....	24
1.8 Sitios de mejor adaptación del Café.....	25
1.9 Características Fenotípicas del Café.....	27
1.10 ¿Qué es calidad de Semilla?	28
<i>1.10.1 Contenido de Humedad</i>	<i>28</i>
<i>1.10.2 Mayor o Menor Contenido de Humedad.....</i>	<i>28</i>
<i>1.10.3 Pureza</i>	<i>28</i>
<i>1.10.4 Mayor o Menor Pureza.....</i>	<i>29</i>
<i>1.10.5 Calidad de plantas en Vivero</i>	<i>29</i>

CAPÍTULO II	30
MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1. Ubicación del lugar	30
2.2. Límites	31
2.3. Caracterización edafoclimática del lugar	31
2.3.1. Suelo	31
2.3.2. Clima	31
2.4. Materiales, Equipos y Software	32
2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos.	32
2.5.1. <i>Diseño Experimental:</i>	32
2.5. Modelo Estadístico del Experimento.	34
2.6. Instalación del Proyecto	34
2.6.1.1 Características de la Semilla	37
2.6.1.2 Calidad de la Semilla	38
2.6.2 <i>Fase vivero</i>	40
2.6.2.1 Variables evaluadas	40
2.7. Relación entre parte aérea y radicular de la planta	42
2.8. Procedimiento y Análisis de Datos.	43
CAPÍTULO III	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1 Caracterización Fenotípica y Cuantitativa.....	44
3.2. Análisis de Calidad de Semilla.	45
3.1.1 <i>Características de las Semillas</i>	45
3.1.2. <i>Calidad de Semillas</i>	47
3.3 Calidad de Plántulas.	52
3.3.1 <i>Diámetro Basal, Diámetro de Copa, Altura.</i>	52
3.3.2. <i>Relación Entre Parte Aérea y Radicular de la Planta</i>	56
CAPÍTULO IV	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍAS.....	61
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características de procedencias</i>	25
Tabla 2. <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i>	32
Tabla 3. <i>Factor y nivel</i>	32
Tabla 4. <i>Características de la investigación</i>	33
Tabla 5. <i>Codificación de tratamientos</i>	33
Tabla 6. <i>Distribución de los tratamientos y repeticiones, en el vivero</i>	34
Tabla 7. <i>Criterios de evaluación fenotípica</i>	35
Tabla 8. <i>Clasificación estado fitosanitario de plántulas</i>	41
Tabla 9. <i>Clasificación de la forma del tallo</i>	41
Tabla 10. <i>Análisis de varianza DIA</i>	43
Tabla 11. <i>Caracterización fenotípica de CR, BS, SL28</i>	44
Tabla 12. <i>Características de la semilla</i>	47
Tabla 13. <i>Calidad de la semilla</i>	52
Tabla 14. <i>Shapiro-Wilks (modificado)</i>	54
Tabla 15. <i>Prueba de Kruskal Wallis de Diámetro de basal</i>	54
Tabla 16. <i>Análisis de la varianza- ALTURA</i>	55
Tabla 17. <i>Análisis de la varianza-Diámetro de copa</i>	55
Tabla 18. <i>Prueba de medias- Altura</i>	56
Tabla 19. <i>Prueba de medias-Diámetro de copa</i>	56
Tabla 20. <i>Relación entre parte aérea y radicular de la planta</i>	57
Tabla 21. <i>Shapiro-Wilks (modificado)</i>	57
Tabla 22. <i>Análisis de Prueba de Kruskall Wallis de relación Biomasa verde y Biomasa seco</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de la Granja Yuyucocha a escala 1:1.255</i>	30
Figura 2. <i>Forma de semillas (Murley, 1951)</i>	37
Figura 3. <i>Calidad de plántulas</i>	52
Figura 4. <i>Calidad de plántulas</i>	53
Figura 5. <i>Sistema agroforestal con café</i>	71
Figura 6. <i>Medición de la inserción entre ramas</i>	71
Figura 7. <i>Medición del diámetro basal</i>	71
Figura 8. <i>Medición de la altura de la planta</i>	72
Figura 9. <i>Cereza de café</i>	72
Figura 10. <i>Lavado de la cereza del café</i>	72
Figura 11. <i>Pesado de la semilla del café</i>	73
Figura 12. <i>Selección de semillas para normas ISTA</i>	73
Figura 13. <i>Germinación de semillas (en laboratorio)</i>	73
Figura 14. <i>Selección de plántulas para mediciones</i>	74
Figura 15. <i>Plántulas para el proceso de medición de relación radicular y aérea</i>	74
Figura 16. <i>Medición de la parte aérea y radicular de cafeto</i>	74
Figura 17. <i>Toma de datos de campo</i>	75
Figura 18. <i>Riego de plántulas de cafeto</i>	75
Figura 19. <i>Plántulas de cafeto, relación parte aérea y radicular</i>	75
Figura 20. <i>Plántulas de cafeto con perfecto estado fitosanitario</i>	76
Figura 21. <i>Pesado de biomasa verde</i>	76
Figura 22. <i>Introducción de muestras de biomasa en el horno de secado</i>	76
Figura 23. <i>Muestras de biomasa al horno de secado</i>	77
Figura 24. <i>Pesado de biomasa seca</i>	77

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con una tradición cafetalera extensa que viene desde hace muchos años atrás, Debido a la ubicación de nuestro país Ecuador en el mundo tenemos el privilegio de contar con condiciones climáticas y geográficas ideales para el cultivo del café, convirtiéndolo en uno de los principales productos agrícolas de la nación (Cedeño, 2018). La diversidad de microclimas, altitudes y suelos en las distintas regiones del Ecuador que son Costa, Sierra y Amazonia, favorecen al desarrollo y a la producción de distintas variedades de café, cada una de ellas con características que los diferencia y ayuda a identificar por su sabor único y su aroma (FAO, 2020).

El café ecuatoriano, en especial el Arábica es muy reconocido a nivel internacional por su calidad y sabor. Las provincias que más producción desempeñan en el país son Manabí, Pichincha, Azuay y Loja, en donde los caficultores han ido perfeccionando con el pasar del tiempo sus técnicas de cultivo a través de prácticas sostenibles (Tafur & Rojas, 2019). Sin embargo, el sector enfrenta desafíos inevitables como el cambio climático, las plagas y fluctuaciones del mercado. Aun así, el café sigue siendo un pilar económico y cultural fundamental para muchas personas de las comunidades rurales (INEC, 2021).

Recientemente, ha surgido un interés por la producción de café en muchas más zonas del país, en donde buscan destacar las características únicas de cada variedad y promover la producción orgánica y sostenible que este producto brinda. Este es un enfoque que no solo impulsa y beneficia a la economía local, sino que también ayuda a poner el nombre del Ecuador en un ámbito competitivo internacional muy alto (Vásquez, 2020).

La integración del café en sistemas agroforestales es una práctica que promueve la biodiversidad y sostenibilidad en los sectores agrícolas. Este enfoque combina el cultivo del café con asocio de árboles y otras plantas, lo que ayuda a la salud del ecosistema y al bienestar de los agricultores al cuidado de sus suelos (García *et al.*, 2018). Los sistemas agroforestales brindan beneficios como el mantener la humedad del suelo, reducen la erosión del suelo y

proporcionan sombra a las especies que se encuentran en el sitio, es algo muy esencial para el desarrollo óptimo de las plantas de café (Perfecto *et al.*, 2005). Además, estos sistemas pueden mejorar la calidad de café al facilitar las prácticas sostenibles como el uso de abonos orgánicos y mejorar el control biológico de plagas (Nair, 2012). También la diversidad de especies en estos sistemas agroforestales ayuda a enriquecer los suelos y por ese motivo ayuda al desarrollo y enriquecimiento del café tanto en sabor como en nutrientes (Méndez *et al.*, 2010).

La calidad de las semillas es fundamental para una producción exitosa de café. Semillas de alta calidad generan una mayor tasa de germinación y, por ende, un mejor rendimiento (López *et al.*, 2018). Existen factores como el origen de la semilla, el manejo que tuvo luego de su cosecha y las condiciones que les brindaron al momento del almacenamiento, esto es esencial para mantener una buena viabilidad (Vázquez *et al.*, 2019). La selección de variedades adecuadas y la mejora genética son esenciales para incrementar la calidad del café, y en especial del *Coffea arabica* que es altamente valorado por su sabor (Rafael *et al.*, 2019).

Para garantizar semillas de calidad es necesario realizar pruebas de germinación y vigor. El almacenamiento en condiciones controladas y tratamientos previos a la siembra, como la desinfección y escurrido, son prácticas recomendadas para garantizar la germinación (Khan *et al.*, 2020).

La producción de plantas de café en un vivero es esencial para garantizar cultivos sanos. Un vivero bien gestionado permite a los agricultores producir plantas uniformes, fundamentales para expandir el rendimiento (López *et al.*, 2018). El manejo correcto y adecuado incluye el control de plagas y enfermedades, el uso de sustratos y nutrientes necesarios y prácticas de riego eficientes (Ceballos *et al.*, 2017).

Es necesario implementar condiciones óptimas de luz y temperatura, así como había mencionado de nutrición mediante fertilizantes orgánicos. Las plantas deben ser aclimatadas

antes de ser trasladadas al campo, lo que reduce el estrés luego del trasplante (González *et al.*, 2020).

Problema de Investigación

Debido al desconocimiento y escasas de información acerca de la adaptación de las variedades de Caturra Rojo, Bourbon Sidra y SL28 de *Coffea arabica L.*, Sp. (Café) se realiza la investigación para poder deducir y comprobar cuál de estas variedades tiene una mejor adaptación en etapa de vivero y mejor calidad en el tiempo establecido.

Debido a la escasas de información técnica sobre el manejo de las plantas en vivero se propone la realización de este proyecto de investigación, con la finalidad de solventar las necesidades e intereses investigativos. El estudio se llevará a cabo en la zona de Caranqui que se encuentra ubicado en el cantón Ibarra de la provincia e Imbabura, y tiene como finalidad emplear el proyecto para obtener de datos desconocidos sobre un ensayo de tres variedades de *Coffea arabica L.*, Sp. (Café) provenientes de plantas semilleras bajo sistemas agroforestales en el campus de Yuyucocha.

Es importante conocer el crecimiento en vivero de las diferentes variedades de cafeto para así mejorar la productividad de las plántulas obteniendo así una alta producción de calidad ya que después durante el establecimiento mejorará la producción e ingresos productivos a los caficultores de la zona y de nivel nacional que trabajen con estas variedades, así como para el sector agroforestal del país.

Mediante esta investigación se beneficiará con conocimientos a los caficultores de la provincia de Imbabura, el manejo del cultivo en vivero de las plántulas, dado que en la provincia existen dos zonas donde se cultiva el cafeto (Prefectura de Imbabura, 2021).

Justificación

Debido al desconocimiento y escasas de información acerca de la adaptación de las variedades de *Coffea arábica* se realiza la investigación para poder deducir y comprobar cuál de estas variedades tiene una mejor adaptación en etapa de vivero y mejor calidad en el tiempo establecido de ocho meses. A través de escasas de datos e información se planea la realización del proyecto de investigación con la finalidad de solventar los intereses investigativos.

En el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura se encuentra ubicada la zona de Caranqui, en donde se desarrolla el proyecto con el objetivo de obtener datos desconocidos acerca de un ensayo de tres variedades de *Coffea arábica* provenientes de plantas semilleras bajo sistemas agroforestales en el campus de Yuyucocha.

Para los caficultores que se encuentran en la provincia de Imbabura sería de mucho interés una investigación como esta para su conocimiento y enriquecimiento cultural para que lo implementen con el pasar del tiempo y así obtener una calidad de plántula que presente características fenotípicas diferentes.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el comportamiento de tres procedencias de *Coffea arábica* en la producción de plántulas de alta calidad en vivero.

Objetivos Específicos

- Caracterizar fenotípicamente los rasgos morfológicos y distintivos de tres variedades de *Coffea arábica*.
- Evaluar la calidad de las semillas de cada variedad de *Coffea arábica* utilizada en el estudio.

- Comparar la calidad de las plantas obtenidas a partir de tres variedades de *Coffea arábica*, considerando parámetros de crecimiento, vigor y sanidad de las plántulas en condiciones de vivero.

Hipótesis

- Ho: La calidad de las plantas producidas es similar en las tres procedencias en estudio.
- Ha: Al menos una de las procedencias presenta diferencias en calidad de plantas producidas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ¿Qué es Procedencia?

Styles (1979), menciona a la procedencia como la región geográfica y las condiciones ambiental en la que se desarrollan los árboles progenitores, lo que influye en la formación y desarrollo de su composición genética. Esta población de árboles puede ser originarios del lugar o no, en cuyo caso se hablaría de procedencia nativa o procedencia introducida. Además, el termino de fuente de semilla se utiliza de manera semejante a procedencia.

1.1.1 Origen

El origen de una planta se define como el procedimiento o modo inicial de su crecimiento y desarrollo, muy aparte de donde puede proceder o de donde puede ser la planta o su semilla de origen (Raven, *et al.*, 2005).

1.2 ¿Qué es El Cafeto?

El Cafeto es una clase de arbusto robusto que alcanza hasta los 10 metros de altura y pertenece a la familia de las Rubiáceas (Rubiáceas) las cuales necesitan constante lluvia y suelos ricos en minerales, Abarcan alrededor de 500 géneros y más de 600 especies en todo el mundo. Es un alimento que se lo consume como una bebida fría o caliente, el cual se obtiene a partir de las semillas del cafeto, las cuales tienen un contenido natural de cafeína. El cafeto es el progenitor de las semillas del café, este arbusto se desarrolla en regiones tropicales y temperaturas entre 17 °C y 23 °C (Smith, 2010).

1.3 Morfología del Café

La morfología del cafeto es primordial para la adaptación a diferentes localidades y ambientes, para su desarrollo y cultivo. Teniendo en cuenta las siguientes características puede llegar a mejorar la productividad.

- Raíz. – Generalmente las plantas de cafeto tienen un sistema radicular profundo y ramificado. Tiene raíces finas las cuales se pueden extender considerablemente en busca de agua y nutrientes. Tiene una raíz principal la cual crece verticalmente y penetra los suelos sin limitaciones en busca de expandirse y buscar nutrientes, puede llegar a alcanzar una profundidad de 50cm, además brotan otras raíces gruesas que se extienden de forma horizontal las cuales le sirven como soporte para las raíces delgadas las cuales absorben el agua y nutrientes (FNC, 2014).
- Tallos y ramas. – Su tallo es recto y tiene ramificaciones o nudos y entrenudos no muy separadas, este puede llegar a alcanzar la altura de 5 metros dependiendo de la variedad, tiene una corteza lisa en plantas jóvenes y con la edad de vuelve rugosa (Cenicafé, 2013).
- Hojas. – Se caracteriza por sus hojas opuestas y alternas de una forma elíptica y estas llegan a medir entre 10cm a 25cm de longitud. El color varía entre variedades, pero por lo general son de color verde oscuro, brillan en la parte superior y verde claro en el envés de la hoja, cuando las hojas son jóvenes presentan un color café bronceado y luego cambian a su color definitivo (Rodríguez *et al.*, 2009).
- Flores. – Presenta unas pequeñas flores de color blanco y con un aroma muy invasivo y éstas se encuentran en racimos y cada flor presenta cinco pétalos. Se las localiza en los nudos de las ramas (FNC, 2014).
- Frutos. – Las cerezas de café son drupas globulares de peciolo corto que inician con una coloración verdosa y luego cambian a un color rojo o amarillo al madurar (Rodríguez *et al.*, 2009).
- Semillas. – Sus semillas son aplanadas convexas u ovaladas oblongas, está conformada por un endocarpio y un embrión (Rodríguez *et al.*, 2009).

1.4 Variedades de Café

1.4.1 Variedad Caturra

La variedad Caturra es una mutación natural de la variedad Bourbon. Se descubrió en Brasil y es conocida por su adaptabilidad y alta productividad. Los cafetos de Caturra son de porte bajo, lo que facilita la cosecha y el manejo. Su rendimiento es alto y produce granos de café de buena calidad, aunque es susceptible a algunas enfermedades como la roya del café (Montagnon, *et al.*, 1998).

1.4.2 Variedad SL28

La variedad SL28 fue desarrollada en Kenia por el Scott Agricultural Laboratories es de ahí el nombre SL. Esta variedad es apreciada por su resistencia a la sequía y su capacidad de producir café de alta calidad con sabores afrutados y brillantes. Sin embargo, es susceptible a enfermedades como la roya y la broca del café (Van der Vossen, 1985).

1.4.3 Variedad Bourbon

La variedad Bourbon es una de las variedades de café más antiguas y se originó en la isla de Bourbon (ahora Reunión) en el Océano Índico. Es conocida por su calidad de taza, con un perfil de sabor dulce y bien balanceado. Los cafetos de Bourbon son de porte medio a alto y tienen un rendimiento moderado. Aunque es menos productiva que algunas variedades modernas, es apreciada por su calidad y la complejidad de sus sabores (Lashermes, *et al.*, 1999).

1.5 Adaptación del Cafeto

1.5.1 ¿Qué se entiende por Adaptación?

La adaptación del café en Ecuador implica un proceso mediante el cual las variedades de café se ajustan a las condiciones ambientales y climáticas del país. Ecuador con su gran diversidad de microclimas y altitudes, crea un entorno propio que influye en la calidad y

características del café. La variabilidad en factores como temperatura, humedad y su composición del suelo permite el cultivo de diferentes variedades, cada uno con un característico sabor único y resistencia a plagas.

Uno de los elementos cruciales en esta adaptación es la implementación de prácticas agrícolas sostenibles. Según un estudio reciente, “la adopción de métodos agroecológicos ha contribuido significativamente a mejorar no solo la calidad del café, sino también la resiliencia de los cultivos ante eventos climáticos extremos” (García y Ponce, 2021, p. 45). Este enfoque es fundamental en el contexto actual de cambio climático, donde la adaptabilidad de los cultivos se vuelve indispensable.

Además, la investigación en variedades nativas y la selección de especies más resistentes ha tomado relevancia. En este sentido, se menciona que “la diversidad genética del café ecuatoriano es esencial para garantizar la producción frente a plagas y enfermedades” (Rodríguez, 2020, p. 32). Esto resalta la importancia de conservar las variedades tradicionales al tiempo que se exploran nuevas alternativas.

La adaptación del café ecuatoriano es un proceso que abarca aspectos agronómicos y sociales, siendo esencial para la sostenibilidad de esta industria. La combinación de técnicas agroecológicas, investigación en diversidad genética y atención a las condiciones locales son claves para el futuro del café ecuatoriano.

1.6 Mejoramiento Genético

1.6.1 Objetivo de Procedencia

Lashermes, *et al*, 1999., menciona que el objetivo de procedencia en el mejoramiento genético del café se enfoca en desarrollar variedades que sean óptimas para crecer en determinadas regiones geográficas. Esto implica seleccionar variedades que se adapten bien a

las condiciones específicas del suelo, clima y altitud de una región en particular, asegurando así que el cultivo sea viable y rentable.

1.6.2 Adaptación

La adaptación se refiere a la capacidad de una variedad de café para prosperar en diferentes condiciones ambientales. Esto incluye la resistencia a variaciones en temperatura, humedad, y precipitaciones, así como la capacidad de resistir enfermedades y plagas específicas de una región. La mejora genética busca desarrollar variedades que puedan adaptarse mejor a estos factores, garantizando así una mayor estabilidad y rendimiento en la producción (Van der Vossen, 1985).

1.6.3 Productividad

La productividad es un objetivo clave en el mejoramiento genético, y se refiere a la cantidad de café que una planta puede producir. Esto incluye aspectos como el rendimiento de granos por hectárea, la frecuencia de cosecha, y la eficiencia en el uso de recursos. El desarrollo de variedades más productivas ayuda a los agricultores a maximizar sus cosechas y mejorar su rentabilidad, mientras se mantienen o mejoran las cualidades del café (Montagnon, *et al.*, 1998).

1.7 Identificación de la Procedencia

Es importante identificar y trabajar con variedades específicas que se adapten a las condiciones locales y que cumplan con los objetivos de productividad y calidad. A continuación, se detallan las procedencias de las variedades Caturra Rojo, Bourbon Sidra, y SL28. (Tabla N°1)

Tabla 1.

Características de procedencias

Variedad	Procedencia	Características
Caturra Rojo	Brasil	Mutación natural de la variedad Bourbon, alta productividad, porte bajo, susceptible a la roya del café.
Bourbon Sidra	Isla de Bourbon	Calidad de taza superior, perfil de sabor dulce y bien balanceado, rendimiento moderado, susceptibilidad a enfermedades.
SL28	Kenia, desarrollada por Scott Agricultural Laboratories.	Alta calidad de taza con sabores afrutados y brillantes, resistencia a la sequía, susceptibilidad a la roya y la broca del café.

World Coffee Research. (2018).

1.8 Sitios de mejor adaptación del Café

El Ecuador presenta zonas muy privilegiadas en donde la adaptación de café ha sido magnífica, las cuales se han destacado por sus condiciones climáticas y geográficas. En la Sierra Central, especialmente en las provincias de Azuay y Cañar, son ideales debido a las altitudes entre 1 200 y 2 000 metros a nivel del mar. Este rango altitudinal permite que los granos de café maduren de una manera lenta lo cual contribuye a la intensidad de su sabor y aroma. Las

temperaturas frescas durante las noches ayudan al desarrollo más equilibrado de los azúcares y ácidos en los granos (Morales, 2016).

En la provincia de Pichincha, especialmente en las zonas de Nono y la Mitad del Mundo es notable por su microclima, que contribuye a la producción de cafés de alta calidad. La combinación de lluvias estacionales y suelos volcánicos ricos en nutrientes crea un entorno adecuado para variedades como *Coffea Arábica*, que requieren condiciones específicas para gran desarrollo (Cruz & Rojas, 2018).

Imbabura es una más de las regiones en las cuales se produce un buen café, caracterizada por su biodiversidad y sus suelos fértiles que aportan sabores únicos y exóticos al café. Es una de las provincias pioneras en la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, lo que mejora mucho la calidad del grano y además contribuye a la conservación del medio ambiente (Alvarado, 2019).

En la costa, Manabí ha empezado a emerger como una nueva forma de producción. Las condiciones climáticas de esta región permiten la experiencia de nuevas variedades y métodos de cultivo, adaptándose a las demandas del mercado nacional e internacional. La biodiversidad en esta zona también ayuda a mitigar el impacto en plagas y enfermedades (FAO, 2021).

También, en la Amazonia, en las zonas de Napo y Sucumbíos, están conociendo y explorando el cultivo cafetero en altitudes más altas, aprovechando su microclima. Esto no solo ofrece una alternativa de cultivo sostenible, sino que también permite diversificar la producción agrícola en estas regiones (INEC, 2022).

La combinación de altitud, climas favorables, suelos ricos en nutrientes y prácticas agrícolas sostenibles son factores que hacen de estas zonas del Ecuador ideales para la producción de café de alta calidad. Esto proporciona al país un nuevo ingreso en las industrias del café a nivel mundial, creando además muchas fuentes de trabajo local.

1.9 Características Fenotípicas del Café

Los cultivos de café tienen una gran relevancia en nuestro país, tanto en ámbito cultural como económico. Las características fenotípicas abarcan a la morfología de la planta, las dimensiones de los granos, así como su sabor y aroma, son cruciales para la clasificación y comercialización.

Las plantas de café llegan a alcanzar entre 1.5 a 3 metros, con un crecimiento medio a alto. Presentan ramas arqueadas a curvas lo cual facilita la recolección de sus frutos. Las hojas son de un verde intenso, de forma elíptica y miden entre 8 a 15cm. Su disposición alterna de sus hojas optimiza la captación de luz solar, lo cual es fundamental para su crecimiento y desarrollo (Arocha, 2017).

La floración del café se produce en los meses de marzo y abril, con flores de color blanco y fragantes que crecen en racimos. Este tiempo es esencial para el desarrollo de los frutos que se transforman de verdes a rojos a medida que van madurando, lo que ocurre entre 6 y 8 meses después de la polinización. Cada cereza generalmente contiene dos granos de café dependiendo de la variedad, el tamaño y la calidad de estos granos son determinantes para el producto final (Castillo, 2020).

Las distintas variedades de café que se cultiva en Ecuador, como Arábica y Robusta, presentan características notorias como un sabor que son influenciados por la altitud y clima, los cafés cultivados a más de 1 200 metros de altura suelen presentar sabores más complejos, con matices frutales y florales (Espinoza, 2018).

Las características fenotípicas del café en Ecuador son el resultado de una combinación de factores ambientales, genéticos y de manejo agrícola, la altitud afecta directamente a la calidad del café, mientras que el clima varía en los diferentes microclimas del país. Aprender

estas características es esencial para mejorar la producción de cafés de alta calidad y promover la sostenibilidad en este importante sector productor de alto potencial (IEPI, 2021).

1.10 ¿Qué es calidad de Semilla?

1.10.1 Contenido de Humedad

El contenido de humedad en las semillas de café es un factor crítico que afecta su viabilidad y capacidad de germinación. Las semillas deben tener un contenido de humedad adecuado para garantizar que puedan germinar y desarrollarse correctamente. Un contenido de humedad demasiado bajo puede llevar a la dormancia o muerte de las semillas, mientras que un contenido demasiado alto puede provocar la proliferación de hongos y enfermedades.

1.10.2 Mayor o Menor Contenido de Humedad

Mayor Contenido de Humedad: Puede ser problemático ya que las semillas podrían ser más susceptibles a enfermedades fúngicas y bacterianas, así como a la putrefacción. Sin embargo, un contenido de humedad adecuado es necesario para la germinación.

Menor Contenido de Humedad: Puede llevar a la dormancia de las semillas y reducir la tasa de germinación, afectando negativamente la producción de plantas en el vivero.

1.10.3 Pureza

La pureza de las semillas se refiere a la proporción de semillas viables en relación con impurezas como semillas dañadas, inertes o de otras especies. Las semillas de café de alta pureza garantizan una germinación más uniforme y saludable, contribuyendo a la producción de plantas de calidad en el vivero y en el campo.

1.10.4 Mayor o Menor Pureza

Mayor Pureza: Semillas con un alto porcentaje de semillas de café puras y libres de impurezas, lo cual es deseable para asegurar una plantación uniforme y de alta calidad.

Menor Pureza: Semillas que contienen una mayor proporción de impurezas pueden resultar en una germinación irregular y plantas menos vigorosas.

1.10.5 Calidad de plantas en Vivero

La calidad de las plantas en el vivero está directamente relacionada con la calidad de las semillas utilizadas, las condiciones que debe alcanzar la planta durante su desarrollo para posteriormente tener un buen traslado a campo sin ninguna complicación. Estas plantas cumplen con estándares de crecimiento sano, vigoroso y equilibrado, sin invasión de plagas ni enfermedades, escasez de nutrición de las plantas y teniendo presente un buen desarrollo de raíces y estructura. Un manejo adecuado del vivero, que incluya la selección de semillas de alta calidad, un adecuado manejo del sustrato, riego y control de enfermedades es fundamental para producir plantas vigorosas que puedan ser trasplantadas al campo con éxito (Wintgens, 2012).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del lugar

- Política: parroquia, cantón, provincia

La investigación fue realizada en la Granja Experimental Yuyucocha la cual se encuentra en la Provincia de Imbabura del cantón Ibarra de la parroquia de Caranqui.

- Geografía del sitio investigación

Según Morales (2013) en el campus Yuyucocha podemos encontrar los siguientes datos:

Latitud N: $00^{\circ} - 21' - 53''$

Latitud W: $78^{\circ} - 06' - 32''$

Altitud: 2228 msnm.

Como se observa en la Figura 1.

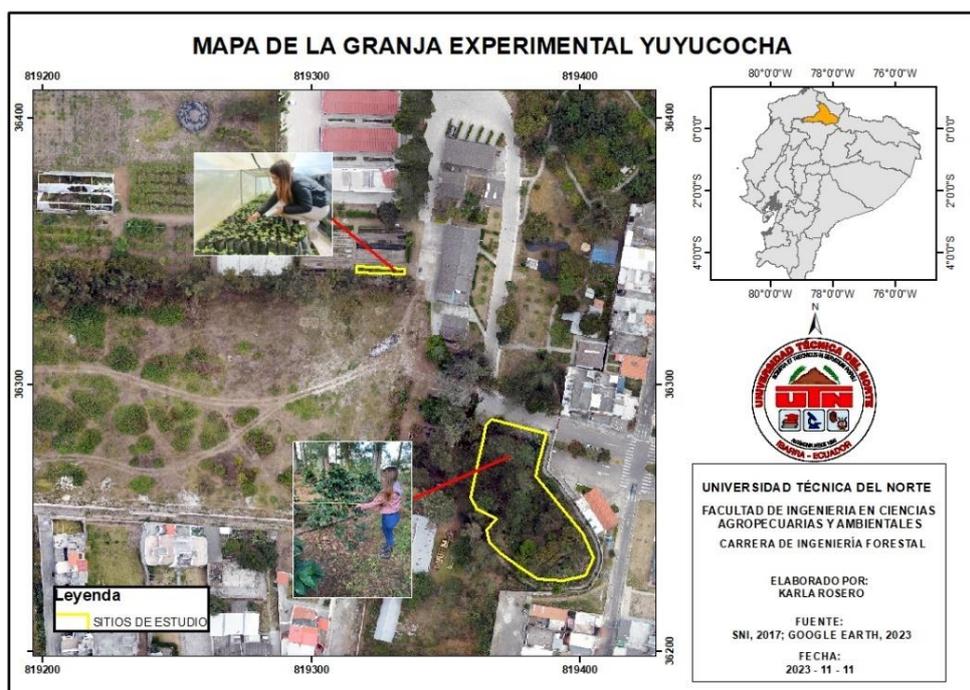


Figura 1. Mapa de la Granja Yuyucocha a escala 1:1.255

2.2. Límites

Los límites que colindan con la Granja Experimental Yuyucocha son:

Al Oeste se encuentra con el lahar natural del Imbabura, al Este se encuentra la Ciudadela Municipal, al Norte la Calle Armando Hidrobo y al Sur la calle Mario Tulio Hidrobo.

2.3. Caracterización edafoclimática del lugar

2.3.1. Suelo

En la granja experimental Yuyucocha se tiene la presencia de un suelo con las siguientes características: Tuvo una textura franco arenoso y un pH de 6,75 Neutro el cual hizo muy apto el uso de este suelo para distintas actividades. (Cabrera, 2013)

2.3.2. Clima

Además, existe un clima con las siguientes características:

Sitio:

Temperatura máxima: 18,4 °C

Precipitación máxima: 589,3 mm.

Humedad relativa en meses secos: 73,9%

(Cabrera, 2013)

Vivero:

Temperatura máxima: 27,68 °C

Humedad relativa: 48,78%

Sistema agroforestal:

Temperatura: 20,14°C

Humedad relativa: 68,05%

2.4. Materiales, Equipos y Software

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación están descritos en la tabla 2.

Tabla 2.

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Sustrato	Cajas Petri	Hidrómetro climático	ArcGIS
Fundas de vivero	Agua destilada	Termómetro del suelo	Infostat
Fungicidas	Papel absorbente	Programador Controlador Riego	
Abonos	Desinfectante de semillas		
Sarán	Fungicida		
Plástico	Pinzas		
Semillas de café	600 Semillas de café		

2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos.

2.5.1. Diseño Experimental:

- Factor y niveles

El factor y los niveles estudiados se observa en la tabla N°3 que se encuentra a continuación.

Tabla 3.

Factor y nivel.

Factor a estudiar	Niveles de cada factor
	Caturra roja
Procedencias	Bourbón sidra
	SL28

- Diseño experimental.

El diseño experimental que se aplicó en la investigación fue Diseño Irrestricto al Azar-DIA, por su empleo en investigaciones en condiciones homogéneas debido a que el estudio se realizó bajo condiciones controladas. Se estudiaron tres procedencias de *Coffea arábica*, mismo que se detallaron en la siguiente tabla con su respectiva codificación. (Tabla N°4,5 y 6)

Tabla 4.

Características de la investigación.

Variable	Cantidad
Número de unidades experimentales	15
Número de plantas por unidad experimental	50
Número de repeticiones	5
Número de tratamientos	3
Número de plantas por tratamiento	250
	750

Tabla 5.

Codificación de tratamientos.

Tratamiento/procedencia	Código	Descripción
1	PIbCR	Ibarra Caturra rojo
2	PGuSL	Gualchan SL 28
3	PGoBS	Goaltal Bourbón Sidra

El código implementado para la distribución en el vivero consta de las iniciales del sitio donde se obtuvo las semillas y la variedad de cada cafeto.

Tabla 6.

Distribución de los tratamientos y repeticiones, en el vivero.

<i>PIb</i>	<i>PGu</i>	<i>PGu</i>	<i>PGo</i>	<i>PGo</i>	<i>PGu</i>	<i>PIb</i>	<i>PIb</i>	<i>PIb</i>	<i>PGo</i>	<i>PIb</i>	<i>PGo</i>	<i>PGu</i>	<i>PGu</i>	<i>PGo</i>
<i>CR</i>	<i>SL</i>	<i>SL</i>	<i>BS</i>	<i>BS</i>	<i>SL</i>	<i>CR</i>	<i>CR</i>	<i>CR</i>	<i>BS</i>	<i>CR</i>	<i>BS</i>	<i>SL</i>	<i>SL</i>	<i>BS</i>
<i>R1</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>	<i>R1</i>	<i>R3</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R2</i>	<i>R2</i>	<i>R5</i>	<i>R4</i>	<i>R2</i>	<i>R1</i>	<i>R3</i>

2.5. Modelo Estadístico del Experimento.

- Para la investigación se empleó el modelo estadístico detallado a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Observación individual

μ = Media

τ_i = Efecto de tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

Para la investigación se empleó un cronograma de toma de datos cada 21 días las mediciones de las siguientes variables: Altura de plántula, diámetro basal, diámetro de copa, estado fitosanitario, forma del tallo y coloración del follaje. Teniendo así una medición homogénea en tiempo de cada una de estas y poder tener una clara relación de sus variables.

2.6. Instalación del Proyecto

Objetivo específico N°1. - Caracterizar fenotípicamente los rasgos morfológicos y distintivos de tres variedades de Coffea arábica.

Se aplicó la metodología adaptada de Ordoñez (2011). (Tabla N°7)

Para realizar esta caracterización se tomó el 10% de plantas del total de cada variedad.

Tabla 7.

Criterios de evaluación fenotípica.

Variable	Característica	Diagnostico
Diámetro de copa	Copa vigorosa > 2m	
	Copa promedio 2m y 1m	
	Copa pequeña < 1m	
Altura total	De 10m o mas	
	Entre 4m y 6m	
	Menos de 2m	
Numero de tallos	Abundantes	
	Moderados	
	Pocos	
Forma del fuste	Recto	
	Ligeramente torcido	
	Torcido	
	Muy torcido	
Forma de la copa	Circular	
	Circular irregular	
	Medio circular	
	Menos de medio circulo	
	Pocas ramas	
Angulo de inserción de ramas	40° - 50°	
	30° - 40°	
	0° - 30°	

Altura de bifurcación	No bifurcado Bifurcado en la parte superior Bifurcado en la parte media Bifurcado en la parte inferior
Arquitectura del árbol	Modelos sin ramificación. Modelos ramificados sin diferenciación entre ejes. Modelos con diferenciación entre ejes; el modelo de Cook se diferencia del modelo de Roux en que las ramas plagiótropas son filiformes. Modelos con ejes mixto
DAP	Mayor de 60 De 40 – 30 De 30 - 20 Menor de 20

Fuente: Ordoñez (2001)

Además, se tomó datos climáticos del lugar.

Condiciones ambientales, Temperatura Precipitación Humedad relativa y Altitud.

Objetivo específico N° 2.- Evaluar la calidad de las semillas de cada variedad de Coffea arabica utilizada en el estudio.

2.6.1 Normas ISTA

Para determinar y analizar la calidad de semillas se aplicó las normas ISTA:

2.6.1.1 Características de la Semilla

- Tamaño

Se guió por la metodología que establece Gunn (1984), en donde menciona que se escoge 15 semillas al azar, midiendo con ayuda del papel milimétrico el ancho por largo en milímetros.

Ecuación 1:

$$T = l \times a$$

Donde:

L = largo de la semilla

A = ancho de la semilla

- Forma

Según Murley (1951), se puede encontrar: sin forma (amorfas), en forma de rombo, redondas, planas, oblongas, ovadas.

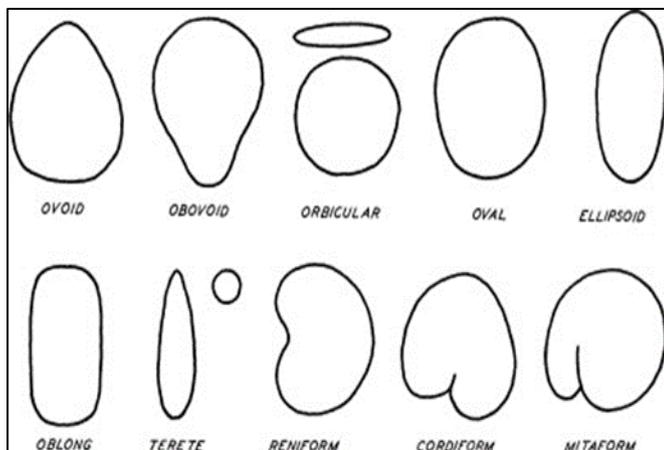


Figura 2. Forma de semillas (Murley, 1951).

- **Color**

El color de la semilla se la pudo contrastar mediante la utilización de la tabla de Munsell.

- **Textura**

Según Bravato (1974), las formas de las semillas pueden ser: línea de fractura, con porosidades, lisa, rugosa

2.6.1.2 Calidad de la Semilla

- **Pureza**

Se procedió a pesar en la balanza electrónica un envase de plástico con las semillas tal cual cómo se las recolectó, es decir con material inerte como estructuras pequeñas, hojas, polvo. Y posteriormente separar las semillas con mejor estado físico. Se hizo uso de la siguiente fórmula:

Ecuación 2:

Donde:

$$P = \frac{Psl}{Pcl} \times 100$$

P = Pureza (%)

Psi = Peso de semilla sin impurezas (g)

Pci = Peso de semillas con impurezas (g)

- **Contenido de humedad**

ASABE (2006), menciona en la norma 352,2 menciona que se procede a pesar antes y después de colocar a las semillas en la estufa a 103 grados centígrados durante 17 horas, utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 3:

$$Hf = \frac{Wi - Wf}{Wi} \times 100$$

Donde:

Hf = Humedad final (%)

Wi = Peso inicial

Wf = Peso final

- **Peso de la semilla**

El peso se determinó con el peso de 1000 semillas, donde se utilizó la siguiente fórmula para este ensayo.

Ecuación 4:

$$\text{peso de 1000 semillas} = \bar{x} \times 10 = Xg$$

Donde:

\bar{x} : media

Xg :

- Germinación

La germinación se llevó a cabo en cajas Petri, que contuvieron agua destilada y papel absorbente, en donde se evaluó cada día durante noventa días la imbibición, ruptura de la testa y aparición de la radícula (Puente, 2022).

- Poder germinativo

El poder germinativo de la semilla es la relación entre la cantidad de semillas germinadas y la cantidad de semillas analizadas (ISTA, 2016).

Donde:

$$Pg = \frac{Tsg}{Tsc} \times 100$$

Pg = Poder germinativo (%)

Tsg = Total de semillas germinadas

Tsc = Total de semillas colocadas

Objetivo específico N° 3.- Comparar la calidad de las plantas obtenidas a partir de tres variedades de Coffea arábica, considerando parámetros de crecimiento, vigor y sanidad de las plántulas en condiciones de vivero.

2.6.2 Fase vivero

2.6.2.1 Variables evaluadas

Se evaluó desde el mes 1 hasta el mes 6 cada 21 días. (Tabla N°8 y 9)

- Altura de plántula.

- Diámetro basal.
- Diámetro de copa
- Calificación de sanidad o estado fitosanitario de la plántula

Tabla 8.

Clasificación estado fitosanitario de plántulas.

Clase	Descripción
2	Plántula sana
1	Plántula con plagas/enfermedades.

- **Forma de Tallo.**

Tabla 9.

Clasificación de la forma del tallo.

Clasificación mórfica	Puntaje
Tallo recto	3
Tallo torcido	2
Tallo bifurcado	1

- **Coloración del Follaje.**

Se evaluó la coloración verde oscuro (coloración depende de la especie), color que evidencio no tener síntomas de deficiencia, marchitez o clorosis (FIPRODEFO, 2004).

- **Altura de la planta al repique.**

Se evaluó la altura que las plantas obtuvieron antes de someterse al repique necesario para su crecimiento y desarrollo, esto ayuda a evidenciar la calidad de plantas que se obtuvo en el ensayo.

- **Longitud de raíz al repique.**

Se evaluó la longitud de raíz y se hace una comparación con la parte aérea de la planta y observar la relación que llega a tener.

2.7. Relación entre parte aérea y radicular de la planta

Se midió la altura y longitud total de tres individuos de cada una de las unidades experimentales. Las mediciones se las realizo con un calibrador. Posteriormente se realizó un análisis comparativo y de relación entre la altura total y la longitud de raíz.

Para asegurar un buen desarrollo de las plántulas en su crecimiento definitivo, la proporción ideal entre la parte aérea y el sistema radicular debe estar entre 1,5-2:1. Una relación adecuada se sitúa entre 1.5 y 2,5, ya que, si se supera este rango, se revela un desequilibrio, con un sistema radicular insuficiente para suministrar la energía necesaria para la parte aérea de la planta (Morales, 2013).

$$\frac{RBSA}{BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

Fuente: Morales (2013).

2.8. Procedimiento y Análisis de Datos.

Se realizó la prueba de Shapiro Wilks para determinar la normalidad en la distribución de los datos y la de Levene para la homocedasticidad. Posteriormente se realizó el análisis de varianza para determinar si existe o no diferencias significativas en la calidad de plantas de las tres variedades estudiadas:

Se realizó un análisis de la varianza, y la prueba de Duncan al 95% de probabilidad estadística, diámetro basal, diámetro de copa y altura total. Así también se realizó la relación entre las variables altura total y el diámetro basal para determinar la calidad de plántula. (Tabla N°9)

Análisis de varianza DIA.

Tabla 10.

Análisis de varianza DIA.

FV	Sc	G.L.	CM	Fc
Tratamientos	$\sum Y^2/n - Fc$	5	Sct/GL	CMt/CME
	$\sum \sum Y_{ij}^2 - \sum Y_i^2/n$			
Error		12	ScE/GL	
Total	$\sum \sum Y_{ij}^2 - Fc$	17		

Fuente: (Aguirre y Vizcaíno 2010).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización Fenotípica y Cuantitativa.

Se puede observar en la Tabla N°11 los resultados de la caracterización fenotípica cuantitativa y cualitativa en donde las tres variedades tienen similitud en sus alturas al igual que en el DAP de cada variedad analiza, además se puede observar en donde las tres variedades coinciden con el Forma de Fuste, el Forma de Copa, además la Altura de la Bifurcación son similares en las tres variedades.

Tabla 11.

Caracterización fenotípica de CR, BS, SL28.

VARIABLES	Caturra Rojo	Bourbon Sidra	SL28
DAP	3,58	4,10	4.11
Altura	162,25	181,25	182.14
Copa	123,13	170,63	170
Forma de fuste	Tallo recto	Tallo recto	Tallo recto
Forma de copa	Circular Irregular	Circular Irregular	Circular Irregular
Inserción en la rama	23,57°	11,2°	12,34°
Altura de bifurcación	No bifurcado	No bifurcado	No bifurcado

Según Montes *et al.* (2018), las plantas de *Coffea arábica* provenientes del sistema agroforestal café-plátano-guaba presentan características fenotípicas importantes, lo cual ayuda a crecimiento, los datos obtenidos en la presente investigación difieren con los mencionados por Montes *et al.* (2018), debido a que las condiciones climáticas como precipitación, humedad relativa, temperatura, altitud son diferentes al lugar de su procedencia.

Además, tener en cuenta que las plantas estudiadas en el campus Yuyucocha son producto de la embriogénesis somática realizada por Montes *et al.*, en el 2018, lo que significa que no están siendo una copia exacta, por el hecho de que los factores de adaptación influyen en estas en su crecimiento y desarrollo y presentan diferencias a los plantas madres de las cuales fueron sustraídas las semillas.

3.2. Análisis de Calidad de Semilla.

3.1.1 Características de las Semillas

3.1.1.1. Tamaño

El tamaño de la semilla varía entre las tres variedades. Bourbon Sidra tiene las semillas más grandes, mientras que Caturra Rojo tiene las más pequeñas. El tamaño de la semilla puede influir en la cantidad de nutrientes almacenados y, potencialmente, en el desarrollo de la planta.

Los resultados muestran en el tamaño una diferencia significativa entre Caturra Rojo y Bourbon Sidra. Según Uphoff (2002), el tamaño de la semilla puede influir en la reserva de nutrientes y energía almacenada, afectando así el crecimiento inicial y la robustez de las plántulas.

3.1.1.2. Color

El color de las semillas es similar entre Bourbon Sidra y SL28, con un código de color 7/3, tomando en cuenta los códigos de la tabla de Munsell, mientras que Caturra Rojo tiene un color 8/2. Aunque el color no tiene un impacto directo en la calidad del café, puede ser un indicador de la variedad y del proceso de secado.

Aunque el color de las semillas no tiene un impacto directo en la calidad del café, puede ser indicativo de la variedad genética y del proceso de secado empleado durante la postcosecha. Un secado correcto se observa en la apariencia del grano reflejando un color amarillento y

uniforme, pero si el secado es irregular o en exceso los granos de café reflejan un color más oscuro (Uphoff, 2002).

3.1.1.3.Textura

Todas las variedades tienen una textura lisa, lo cual sugiere que las semillas han pasado por procesos similares de tratamiento y almacenamiento.

La textura lisa observada en todas las variedades sugiere un tratamiento uniforme y adecuado en los procesos de manipulación y almacenamiento de semillas, lo cual es crucial para mantener la viabilidad y la salud de las semillas durante el almacenamiento prolongado (Uphoff, 2006).

3.1.1.4.Forma

La forma elíptico-oval es común en todas las variedades, lo que podría ser una característica general de estas variedades de café.

Mokbel *et al.* (2015), menciona que el tipo de morfología puede influir en la germinación y el crecimiento inicial de las plantas, se presenta como una característica común en diversas variedades de *Coffea arábica*, lo cual sugiere ser una posible adaptación evolutiva. Además, la variabilidad morfológica entre variedades de café pueden ser consecuencia de factores genéticos y ambientales, tal como lo señala Brennan *et al.* (2016). En su investigación, menciona que las características morfológicas, incluida la forma de las semillas, son fundamentales para entender la diversidad y la calidad en la producción del café. Por tanto, la forma elíptico-oval podría ser un rasgo que favorece no solo la adaptación, sino también el rendimiento de las plantas.

Por otro lado, Vega *et al.* (2019) enfatiza que una morfología favorable, como la elíptico-oval, puede facilitar la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas, contribuyendo así a una producción más eficiente. (Tabla N°12)

Tabla 12.

Características de la semilla.

Variedad	Tamaño	Color	Textura	Forma
Caturra Rojo	11.7	8/2	Lisa	Elipticoval
Bourbon Sidra	13	7/3	Lisa	Elipticoval
SL28	12,45	7/3	Lisa	Elipticoval

3.1.2. Calidad de Semillas**3.2.2.1 Pureza**

La variedad SL28 tiene la mayor pureza con un 92.37%, lo que indica que sus semillas contienen menos impurezas o elementos no deseados en comparación con las variedades Caturra Rojo y Bourbon Sidra.

La variedad Bourbon sidra presenta 74% de pureza, lo que indica que tiene menos impurezas en las semillas o elementos no deseados que la variedad de SL28, pero mayor pureza que la variedad de Caturra rojo.

La variedad Caturra rojo tiene 71,34% de pureza, lo que indica que es la variedad con menos pureza o elementos no deseados en las semillas en comparación a las anteriores variedades debido a la selección de semillas de las plantas madre de las cuales son seleccionadas.

Según Anthony *et al.* (2002), una mayor pureza genética en las semillas de café se relaciona con prácticas de selección adecuadas, lo que se refleja en la alta pureza de SL28. En relación con Caturra Roja, con un 71.34% de pureza, presenta una calidad inferior en comparación a SL28 y Bourbon Sidra. Este resultado puede ser consecuencia de una selección menos rigurosa de las plantas madre, como los sugiere Davis *et al.* (2011), quienes enfatizan la importancia de la calidad de semillas en la producciones café.

Además, las condiciones de cultivo y el manejo agrícola son factores determinantes en la pureza de las semillas. Borem *et al.* (2013) indica que las prácticas de manejo agrícola adecuadas pueden mejorar la calidad de las semillas, mientras que Mokbel *et al.* (2015) mencionan que observar a la adopción de las variedades a su entorno influye en su pureza. Así, la elevada pureza de SL28 podría deberse a su adecuada adaptación a condiciones específicas de cultivo.

3.2.2.2 Contenido de Humedad

El contenido de humedad varía, siendo Bourbon Sidra la variedad con el contenido más alto (16%), SL28 tiene la humedad media entre las tres variedades (10%) y Caturra Rojo la más baja (7.8%). Un contenido de humedad alto puede ser un riesgo para el almacenamiento ya que puede favorecer el desarrollo de moho y afectar la germinación. Esto se debe a que la diferencia entre variedades es por los factores genéticos, ambientales y morfológicos de cada una de ellas, cada variedad tiene diferente manera de adaptarse al entorno lo cual hace tener la diferencia de las características principales de las semillas.

El contenido de humedad de *Coffea arábica* varía significativamente entre las diferentes variedades. Según Bewley y Blanck (1994), un alto contenido de humedad puede presentar un riesgo durante el almacenamiento, ya que puede favorecer el crecimiento de hongos y, por lo tanto, afectar negativamente la viabilidad de las semillas y su capacidad de germinación.

Anthony *et al.* (2002), indica que cada variedad de café tiene una forma única de adaptarse a su entorno, lo que da como resultado variaciones en sus características fundamentales. Este fenómeno resalta la importancia de manejar adecuadamente el contenido de humedad para asegurar la viabilidad y calidad de las semillas durante su almacenamiento.

3.2.2.3 Peso de la Semilla

Caturra Rojo tiene el peso más alto por semilla con 13.06gr, lo cual podría indicar una mayor densidad o contenido nutricional. Bourbon sidra tiene 12.5gr de peso por semillas y SL28 con 12.45gr de peso por semilla con la menor densidad de semillas. Esto se debe a muchos factores uno de ellos es la calidad del grano del café, el procesamiento del café y el rendimiento de la planta de café. Además de las condiciones ambientales que es un factor fundamental en estos temas de las semillas, la madurez del fruto la variedad y sobre todo el almacenamiento de nutrientes absorbidos en su desarrollo.

Según Montagnon *et al.* (2008), la genética de cada variedad influye en su capacidad de acumular nutrientes, mientras que Montoya y Londoño (2010), destacan como el procesamiento impacta la densidad de las semillas. Wintgens (2009) y Borem *et al.* (2012), subrayan la importancia del manejo agronómico y las condiciones ambientales y finalmente, Delarosa *et al.* (2006) resalta la influencia de la madurez en el almacenamiento de nutrientes.

El peso de las semillas, como indicativo de su densidad y contenido nutricional, puede influir en el vigor y la resistencia de las plántulas (Uphoff, 2002). El peso de la semilla del Caturra Rojo puede deberse a que su semilla es más densa que las otras variedades la cual puede tener una ventaja al momento de germinar, pero en la germinación la variedad de SL28 en donde podemos notar que influye la calidad de la semilla como la pureza para su germinación

3.2.2.4 Germinación

La tasa de germinación es un factor crucial para la viabilidad de las semillas. SL28 muestra la mayor tasa de germinación (55.6%), seguido por Bourbon Sidra (50.4%) y Caturra Rojo (43.4%).

Según Klein (2015), esta tasa de germinación está en un rango medio dado que en su investigación logro un 96% de germinación por el hecho de que el sustrato utilizado fue sometido a un proceso fitosanitario para el control de plagas lo cual influye en el desarrollo de la semilla bajo suelo. Además, Rafael *et al.*, (2018) menciona que las condiciones de manejo del cultivo, la humedad del suelo, la temperatura del ambiente influye de una manera significativa la tasa de germinación de las semillas, teniendo al menos un 80% de germinación en variedades super cuidadas.

3.2.2.5 Poder Germinativo

El poder germinativo de las plantas de *Coffea arábica* se refiere al porcentaje de las semillas que han germinado en un determinado tiempo bajo algunas condiciones óptimas. El poder germinativo de las semillas puede variar en algunos aspectos y factores como, la calidad de semilla, el almacenamiento, la humedad y la temperatura. El poder germinativo de Caturra Roja es del 43.4% de semillas germinadas, el Bourbon Sidra es del 50,4% se semillas germinadas y del SL28 es del 55,6% de semillas germinadas.

Según Engels y Hawkes (1991), las especies tropicales como el café poseen variaciones genéticas que influyen en su capacidad de germinación. Las variedades específicas como el *Coffe arábica*, como el Caturra Roja, Bourbon Sidra y SL28, pueden tener características genéticas que condicionan su capacidad de germinación en distintas condiciones ambientales.

La investigación de Schmidt y Tsuda (1997) también destaca las diferencias fenotípicas y genéticas en las variedades del café pueden afectar su rendimiento durante la germinación. Esto podría explicar el por qué la variedad SL28, que presenta la tasa de germinación más alta (55.6%), podría tener características genéticas que la favorecen en comparación con Caturra Roja, cuya tasa de germinación es la más baja (43.4%).

Otro aspecto relevante es la calidad inicial de la semilla y su manejo post cosecha. Black y Bewley (2000), mencionan que la viabilidad de las semillas depende de estos factores, especialmente las del café ya que son semillas recalcitrantes, es decir, no soportan bien el secado y se deterioran rápidamente si no se almacenan adecuadamente. Por otra parte, Esquivel e Iglesias (2004), resaltan que una manipulación inadecuada o el almacenamiento ineficaz de las semillas puede disminuir su capacidad de germinación.

Black y Bewley (2000), también explican que las semillas de plantas tropicales, como *Coffea arábica*, requieren condiciones ambientales específicas para maximizar su poder germinativo. Rubio (2000), también menciona que las semillas recalcitrantes, como las del café, son especialmente sensibles a las fluctuaciones de humedad y temperatura. Este tipo de semillas experimentan una disminución de su viabilidad cuando se exponen a condiciones inadecuadas de almacenamiento.

Las diferencias en las tasas de germinación de las variedades de *Coffea arábica* estudiadas pueden relacionarse a una combinación de factores genéticos, calidad de semillas, manejo post cosecha, las condiciones ambientales en las que se desarrolla, el manejo adecuado del almacenamiento, el control estricto de la temperatura y humedad. La interacción de estos elementos es esencial para la explicación de las diferencias en el rendimiento germinativo entre estas variedades. (Tabla N°13)

Tabla 13.

Calidad de la semilla.

Variedad	Pureza	Contenido de humedad	dePeso (gr)	Germinación
Caturra Rojo	71,34%	7,8 %	13,06	43,4%
Bourbon Sidra	74%	16%	12,5	50,4%
SL28	92,37 %	10%	12.45	55,6%

3.3 Calidad de Plántulas.

3.3.1 Diámetro Basal, Diámetro de Copa, Altura.

Se mantuvo un tiempo de 8 meses la toma de datos en el campus de Yuyucocha en donde se observó el crecimiento de altura, tallo y copa de cada una de las plántulas de *Coffea arábica*.

Al finalizar la toma de datos y ya haber analizado, se puede observar que el T1 (Caturra Rojo) ha sido el que mejor crecimiento ha desarrollado y el que no tuvo un buen desarrollo ha sido T2 (Bourbon Sidra), en este tiempo de estudio. (Figura 3)

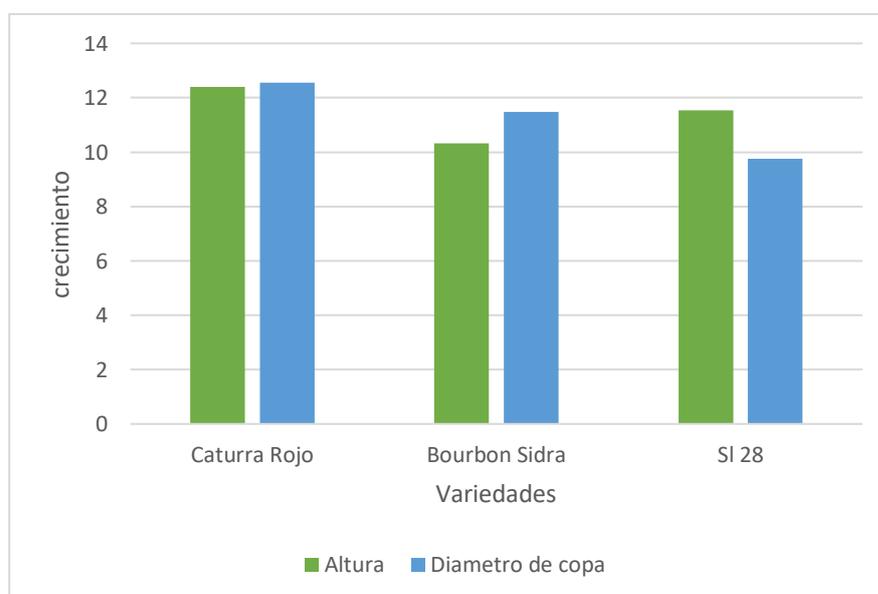


Figura 3. *Calidad de plántulas.*

Así como también se analizó el crecimiento en diámetro basal, donde hubo una similitud entre el T1 (Caturra Rojo) y T3 (SL28) teniendo un resultado no significativo a comparación de T2 (Bourbón Sidra) que tuvo un bajo desarrollo lo cual no fue significativo en comparación con la variedad del Caturra rojo y SL28.

El diámetro de copa de las plantas no ha sido similar entre las variedades, Sin embargo, la diferencia entre variedades no es significativa, teniendo como mayor desarrollo el de T1 (Caturra Rojo) y como menor desarrollo el T3 (SL 28). (Figura 4)

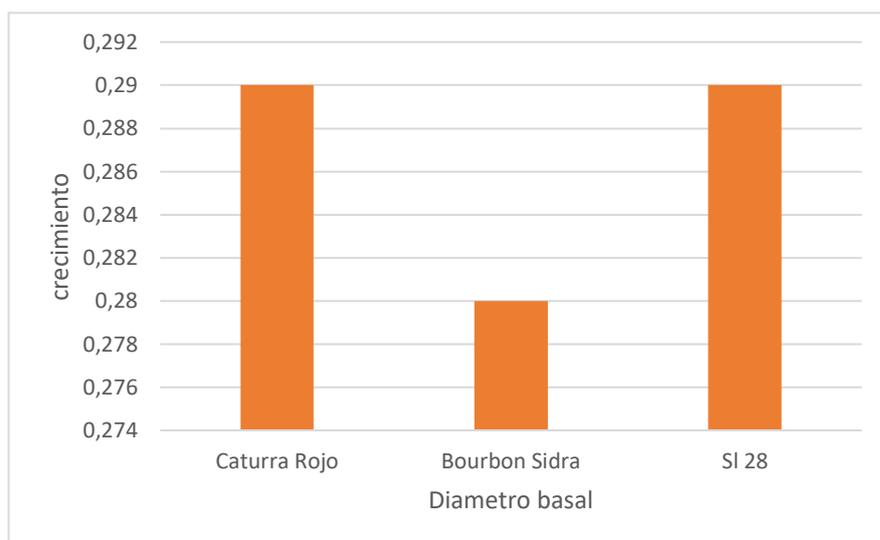


Figura 4. Calidad de plántulas.

3.3.1.1 Análisis Estadístico

Según Casella y Berger (2002), para determinar diferencias significativas entre grupos, es crucial emplear pruebas estadísticas adecuadas que consideren la distribución de los datos y la variabilidad entre tratamientos, es por eso que aplicó una prueba de Normalidad (Shapiro - Wilks modificado) donde se encontró una distribución normal las variables altura, diámetro de copa, por lo cual se procedió a realizar un ANOVA para determinar si existe o no diferencias significativas entre las procedencias. Mientras que para el diámetro basal se realizó un Análisis de la varianza no paramétrica a través de la Prueba de Kruskal-Willis.

Se observa en la Tabla N°14 que entre las variables de altura y el diámetro de copa existe una diferencia significativa, lo cual se determinó mediante ANOVA. Esto significa que hay diferencias significativas entre las variedades en relación con estas variables. Por otro lado, en la Tabla N° 15, se realizó el análisis del diámetro basal aplicando prueba de Kruskal Wallis, donde se observa que existe una diferencia significativa con las demás variables analizadas, entonces, observamos que si existe una diferencia significativa entre las variedades estudiadas.

Tabla 14.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
ALTURA	15	11,41	1,33	0,89	0,1415
DIAMETRO BASAL	15	0,29	0,01	0,83	0,0131
DIAMETRO DE COPA	15	11,27	1,43	0,93	0,4287

Tabla 15.

Prueba de Kruskal Wallis de Diámetro de basal.

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
DIAMETRO BASAL	T1	5	0,29	0,01	0,29	2,54	0,2173
DIAMETRO BASAL	T2	5	0,28	0,01	0,28		
DIAMETRO BASAL	T3	5	0,29	0,01	0,29		

Se observa en la Tabla N° 16 y Tabla N° 17 que el análisis aplicado de ANOVA presenta un valor menor a 0.05 por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna la cual menciona que al menos una de las procedencias presenta diferencias en calidad de plantas producidas.

Tabla 16.

Análisis de la varianza- ALTURA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,78	2	5,39	4,65	0,032
TRATAMIENTOS	10,78	2	5,39	4,65	0,032
Error	13,91	12	1,16		
Total	24,69	14			

Tabla 17.

Análisis de la varianza-Diámetro de copa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,94	2	9,97	13,76	0,0008
TRATAMIENTOS	19,94	2	9,97	13,76	0,0008
Error	8,69	12	0,72		
Total	28,63	14			

Mediante la prueba de Duncan se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas, en la variable altura, entre la procedencia de Caturra Rojo y la procedencia de SL28 siendo la primera superior. En cuanto a la variable diámetro de copa se encontraron diferencias estadísticamente diferentes en la procedencia tres y las otras dos, siendo la primera inferior. Esto se puede observar en la Tabla N° 18 y Tabla N° 19.

Tabla 18.

Prueba de medias- Altura.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T1	12,39	5	0,48	A	
T3	11,53	5	0,48	A	B
T2	10,32	5	0,48		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 19.

Prueba de medias-Diámetro de copa.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T1	12,56	5	0,38	A	
T2	11,48	5	0,38	A	
T3	9,76	5	0,38		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.3.2. Relación Entre Parte Aérea y Radicular de la Planta

Al momento del trasplante la relación entre parte aérea y parte radicular de cada una de las procedencias se puede observar en la Tabla N° 20 es una relación de 2:1. Según Gonzales y Rojas (2016), las condiciones ambientales son un factor que influyen de una manera significativa en la relación parte aérea y parte radicular, en donde un buen equilibrio genera un crecimiento óptimo para el desarrollo de estos factores. Meyer y Villalobos (2018), añade que un sistema radicular bien desarrollado permite una mejor absorción de agua lo cual favorece el crecimiento de su parte aérea y tiene una relación requerida que es 2:1.

También, Torees (2019), menciona que las variaciones en la calidad del suelo también afectan la relación aérea-radicular, por lo cual sugiere una adecuada manipulación

del suelo ya que es fundamental para mantener el equilibrio. Por otro lado, Davis *et al.* (2019), muestra que el estrés ambiental afecta y modifica la distribución de los nutrientes encontrados en el suelo lo cual afecta el desarrollo entre la parte de la raíz y la parte aérea.

Tabla 20.

Relación entre parte aérea y radicular de la planta.

Variedades	Longitud de raíz (cm)	Repique de tallo (cm)
BS	5,7	3,3
CR	5,8	3,6
SL28	5,8	3,7

Además, se realizó Biomasa verde y Biomasa seco mediante una prueba de Shapiro-Wilks se demuestra que no en esta variable no existe normalidad como se puede observar en la Tabla N° 21 por lo cual se procede a realizar una prueba de Kruskal Wallis para observar que no existe diferencias significativas entre procedencias. En la Tabla N°22 se observa que tenemos un p-valor mayor al 0.05 lo que significa que aceptamos la hipótesis nula lo que significa que la calidad de plántulas producidas es similar en las tres procedencias estudiadas.

Tabla 21.

Shapiro-Wilks (modificado).

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Variable	24	1,51	1,39	0,57	<0,0001

Tabla 22.

Análisis de Prueba de Kruskal Wallis de relación Biomasa verde y Biomasa seco.

Variable	Variedad	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Variable	BSS	4	1,3	0,08	1,3	7,2	0,20
Variable	BSV	4	0,93	0,13	0,9		
Variable	CRS	4	1,63	1,12	1,7		
Variable	CRV	4	1,28	0,17	1,25		
Variable	SLS	4	1,48	0,24	1,4		
Variable	SLV	4	2,48	3,42	0,8		

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos en las características fenotípicas y cualitativas no se encontraron diferencias en los rasgos morfológicos, tanto cualitativa como cuantitativamente, entre sus variedades de *Coffea arábica* de Caturra rojo, Bourbon Sidra y SL28. Esto se debe a que los rasgos morfológicos presentan similitud genética entre variedades como las condiciones de cultivo homogénea en las que se evaluaron, además de la posibilidad de que las diferencias fenotípicas se manifiesten más adelante en el ciclo de desarrollo.
- Las tres variedades de *Coffea arábica* presentan un tamaño, textura y forma de semillas muy similares, lo que dificulta la identificación de la variedad a la que pertenece cada semilla según las variables estudiadas. Sin embargo, se observó una diferencia en el color entre Bourbon Sidra y SL28 con comparación con Caturra Rojo, que presenta una semilla más oscura debido a su mayor densidad lo cual se debe a la relación entre la composición interna y el proceso de desarrollo de la semilla.
- En la etapa de crecimiento en vivero en cuanto a la calidad de planta existe diferencia significativa de altura y diámetro de copa entre las tres variedades estudiadas de *Coffea arábica*, tienen un comportamiento similar en las condiciones climáticas controladas en el campus Yuyucocha, la selección de una u otra especie puede influir bajo otros factores con más relevancia más adelante en la etapa del proceso de cultivo.

Recomendaciones

- Se sugiere utilizar como criterios diferenciadores de cada variedad el color de las hojas jóvenes ya que fenotípicamente no existen muchas diferencias a considerar morfológicas para la diferenciación de variedades estudiadas.
- Se sugiere llevar a cabo un estudio adicional que analice el grado de maduración de las semillas para ver la densidad del grano ya que se obtuvo un comportamiento donde Caturra Rojo tenía menos contenido de humedad, pero era más pesada la semilla.
- Debido a que en etapa inicial de vivero no existe diferencias se sugiere continuar con investigación ya en etapa en crecimiento de plantación y después en productividad.

BIBLIOGRAFÍAS

- Anthony, F., Bertrand, B., Quiros, O., Lashermes, P., Berthaud, J., & Charrier, A. (2002). "Genetic Diversity of Wild Coffee (*Coffea arabica* L.) Using Molecular Markers." *Euphytica*.
- Arcila, J. (2018). Crecimiento y desarrollo de la planta del café. *RevistaElCafetalero*.
https://issuu.com/elcafetalero/docs/crecimiento_desarrollo_cafeto
- Arocha, J. (2017). *El café en Ecuador: historia y perspectivas*. Quito: Editorial Universitaria.
- ASABE, A. (2006). Standards Engineering practices data. En A. S. ASABE, Standards Engineering practices data. Texas: ASABE.
- Alvarado, C. F. (2019). Ecuadorian Coffee: Varietal Diversity and Quality Assessment. *Coffee Research Journal*, 8(1), 23-34.
- Bertrand, B., Vaast, P., & Etienne, H. (Eds.). (2012). *Coffee Agroecology: A New Approach to Understanding Agricultural Biodiversity, Ecosystem Services and Sustainable Development*. Routledge.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer.
- Borem, F. *et al.* (2012). "Environmental Factors Influencing the Quality of Coffee." *Brazilian Journal of Plant Physiology*.
- Borem, F., & N. N. (2013). "Post-harvest Processing and Quality of Coffee: Environmental Factors and Quality Control." *Brazilian Journal of Plant Physiology*.
- Bravato, M. (1974). Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae) de Venezuela. *Acta Botánica Venezuéllica*, Vol. 9, No. 1/4, 317- 361.

- Brennan, R. M., & H. M. H. (2016). "Morphological and Genetic Diversity of Coffee Varieties." *Journal of Agricultural Science*.
- Black, M., & Bewley, J. D. (2000). *Seed Technology and its Biological Basis*. CRC Press.
- Cabrera, C. M. (2013). *Datos Yuyucocha*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/149344219/Datos-de-Yuyucocha>
- Castillo, A. (2020). "Diversidad genética del café en Ecuador". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 45(2), 115-130.
- Ceballos, L., *et al.* (2017). "Evaluación de técnicas de producción en vivero para café." *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 34(1), 15-22
- Cedeño, C. (2018). *Café y cacao en Ecuador: historia y desarrollo*. Quito: Editorial Abya-Yala.
- Casella, G., & Berger, R. L. (2002). *Statistical Inference*. Duxbury Press.
- CENICAFÉ. 2013. *Manual Del Cafetero Colombiano. Tomo I*. Colombia: CENICAFE.
- CIEFAP. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Obtenido de https://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf
- CINACAFE. (2011). *Guía silvicultural para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. Obtenido de <http://www.cenicafe.org/es/publications/pinus.pdf>.
- Cruz, J. A., & Rojas, J. M. (2018). Coffee Production in Ecuador: A Review of Agronomic and Economic Aspects. *Agronomy Journal*, 110(2), 324-335.
- Chicaiza, J. (2019). *ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE Pinus patula Schl et Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA*. Ibarra.

- Clifford MN y Willson KC (Editores) - *Café; botánica, bioquímica y producción de granos y bebidas*. Londres, Croom Helm, 1985
- Davis, A. P., & H. H. A. (2011). "Seed Quality and Purity in Coffee: The Role of Agricultural Practices." *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.
- Davis, A. P., Gole, T. W., Baena, S., & Moat, J. (2012). The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. *PLOS ONE*, 7(11), e47981.
- Delarosa Hernández, E. *et al.* (2006). "Effects of Coffee Fruit Maturity on Bean Size and Composition." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Ecuador Ministry of Agriculture and Livestock. (2024). National Coffee Program. Retrieved from Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
- Engels, J., & Hawkes, J. G. (1991). *Plant Genetic Resources of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. CABI Publishing.
- Espinosa, M. (2018). *Café de altura: Calidad y características*. Guayaquil: Fundación Ecuatoriana del Café.
- Esquivel, M. A., & Iglesias, R. (2004). *Manual para el cultivo del café en América Latina*. IICA.
- FAO. (2020). *Café en Ecuador: Situación actual y perspectivas*. Recuperado de FAO.
- FAO. (2021). *Ecuador: Coffee Sector Profile*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2010). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Colombia. Obtenido de Colombia.
- García, M., & Ponce, J. (2021). *Agroecología y sostenibilidad en la producción de café en Ecuador*. Editorial Universitaria.
- García, R., *et al.* (2018). "Agroforestería y café: Beneficios y desafíos." *Agroforestry Systems*, 92(3), 567-578
- González, A. & Rojas, M. (2016). "Root and shoot growth relationships in coffee plants under different environmental conditions." *Journal of Agronomy*, 18(3), 205-213.
- González, A., *et al.* (2020). "Aclimatación de plantas de café en vivero: Estrategias y recomendaciones." *Journal of Coffee Research*, 14(1), 45-54.
- Gunn, C. (1984). *Fruits and Seeds of Genera in the Subfamily Mimosoideae (Fabaceae)*. Washington DC: United States Department of Agriculture.
- ICO (International Coffee Organization). (2001). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. John Wiley & Sons.
- Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual. (2021). "Características de los cafés ecuatorianos". *Boletín Informativo*
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021). *Estadísticas sobre producción agrícola en Ecuador*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Café en Ecuador: Estadísticas y Tendencias*. INEC.

- ISTA. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas 2016. Bassersdorf, Suiza: Zürichstr. 50, CH-8303.
- Khan, M. A., *et al.* (2020). "Enhancing germination and seedling vigor in coffee." *Journal of Agricultural Science*, 8(4), 200-210.
- Klein, C. (2015). "Germination and seedling establishment of coffee species." *Coffee Science*, 10(1), 49-56.
- Lashermes, P., Combes, M. C., Robert, J., Trouslot, P., D'Hont, A., Anthony, F., & Charrier, A. (1999). Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. genome. *Molecular and General Genetics MGG*, 261, 259-266.
- Lashermes, P., *et al.* "Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. genome." *Molecular and General Genetics MGG*, vol. 261, no. 2, 1999, pp. 259-266.
- López, J., *et al.* (2018). "Seed quality in coffee: Importance and techniques." *Journal of Coffee Research*, 12(2), 95-103.
- Mendez, V. E., *et al.* (2010). "Agroforestry systems and coffee: A review." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(1), 67-77.
- Meyer, R. & Villalobos, R. (2018). "Root system architecture in *Coffea* species: Implications for water uptake." *Plant and Soil*, 426(1-2), 191-202.
- Montagnon, C., Bertrand, B., & Guyot, B. (1998). *Varietal Differences in the Chemical Composition of Green Coffee. Proceedings of the 18th International Conference on Coffee Science (ASIC)*. Helsinki, Finland.
- Montagnon, L. *et al.* (2008). "Genetic Diversity in Coffee (*Coffea arabica* L.) and Its Relation to Bean Quality and Yield." *Plant Genetic Resources*.

- Montoya Marmolejo, D., & Londoño, F. (2010). "Efectos del proceso de beneficio sobre la calidad del café en Colombia." *Revista Cenicafé*.
- Morales, A. M. de. (2016). Coffee Cultivation in Ecuador: Sustainable Practices and Quality Improvement. *Journal of Sustainable Agriculture*, 40(5), 495-511.
- Mokbel, A. A., H. M. H., & A. F. H. (2015). "Adaptation and Quality Traits of Different Coffee Varieties." *International Journal of Coffee Science*.
- Mundo Cafeto. (2023). El cafeto y su fruto. <https://www.mundocafeto.com/cafeto-y-su-fruto>
- Nair, P. K. R. (2012). Agroforestry systems: An overview. In P. K. R. Nair (Ed.), *Agroforestry: The Future of Global Land Use* (pp. 1-24). Springer.
- Navieras, R., & J, P. (1997). *Viveros*. NITSCH.
- Perfecto, I., *et al.* (2005). "Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity." *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(3), 141-148.
- Pozo Cañas, M. A. (Enero de 2014). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ECONOMÍA: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6848/7.36.001425.pdf?sequence=4>
- Puente Calapaqui, J. A. (2022). EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *Alnus nepalensis* D. Don PROVENIENTES DE LA ZONA DE INTAG. Ibarra

- Prefectura de Imbabura. (2021). *AGENDA PRODUCTIVA DE IMBABURA*. Obtenido de <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/agenda-productiva/estrategias-fortalecimiento-cadenas-valor-priorizadas/cadena-cafe/2-cadena-de-valor-cafe.pdf>
- Rafael, J. *et al.* (2018). "Influence of seed treatment on germination and vigor of coffee seeds." *Caffeine Research*, 5(1), 12-19.
- Rafael, J., *et al.* (2019). "Genetic improvement of coffee: Advances and challenges." *Coffee Science*, 14(1), 56-65.
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2005). *Biología de las plantas* (7ª ed.). Editorial Reverté.
- Rodríguez, A. (2020). Diversidad genética del café: Retos y oportunidades en el contexto ecuatoriano. *Revista de Ciencias Agrarias*, 15(2), 29-40.
- Rodríguez, Celerino, David Munro, and Victor Hugo. 2009. *Paquete Tecnológico Para El Cultivo Del Café Orgánico En El Estado de Colima*. Colima
- Rodríguez, S. d., Vergara T, M. d., Ramos P, J. M., & Sainz C, C. (2006). *Germinación y Manejo de Especies Forestales Tropicales*.
- Ruano Martínez, J. (2008). *Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos*. 2a. edición. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J., Prieto Ruiz, J. A., Saenz Reyez, J. T., Muñoz Flores, H. J., & Orozco Gutiérrez, G. (2014). *Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit*. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73.
- Seguí S., J. M. (2011). *Biología y biotecnología reproductiva de las plantas*. Valencia, SPAIN: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

- Smith, A. B. (2010). *Botánica económica: Cultivos de importancia mundial*. Editorial Científica Internacional.
- Schmidt, R., & Tsuda, N. M. (1977). *Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Springer.
- Tafur, C., & Rojas, D. (2019). La calidad del café ecuatoriano: Una perspectiva de sostenibilidad. *Revista de Café y Desarrollo Rural*, 5(1), 25-40.
- Van der Vossen, H. (1985). A selection scheme for Arabica coffee in Kenya: a review of progress made during the first twenty years. *Euphytica*, 34, 915-924.
- Van der Vossen, H. "A selection scheme for Arabica coffee in Kenya: a review of progress made during the first twenty years." *Euphytica*, vol. 34, no. 4, 1985, pp. 915-924.
- Vázquez, L., *et al.* (2019). "Mejoramiento de la calidad de las semillas de café." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(7), 527-533.
- Vásquez, M. (2020). *Café y biodiversidad en el Ecuador*. Quito: Fundación EcoCafé.
- Vázquez, O. (2004). *Potencial de producción de semillas y variación en conos y semillas de Pinus oaxacana Mirov en una población del estado de Tlaxcala, México*. Xalapa, Veracruz, México.
- Montagnon, C., Bertrand, B., & Guyot, B. (1998). Varietal Differences in the Chemical Composition of Green Coffee. *Proceedings of the 18th International Conference on Coffee Science (ASIC)*. Helsinki, Finland.
- Van der Vossen, H. (1985). A selection scheme for Arabica coffee in Kenya: a review of progress made during the first twenty years. *Euphytica*, 34, 915-924.

- Vega, M., A. H., & F. G. (2019). "Influence of Seed Morphology on Germination and Seedling Development in Coffee." *Agronomy Journal*.
- Lashermes, P., Combes, M. C., Robert, J., Trouslot, P., D'Hont, A., Anthony, F., & Charrier, A. (1999). Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. genome. *Molecular and General Genetics MGG*, 261, 259-266.
- Sreenath, H. L., & Prasad, J. S. (2005). Seed moisture content and storage duration effects on seed quality in robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(3), 251-256.
- Styles, B.T. 1979. La población base. pp. 15-48 In Burley, J. y Wood, P.J. (1979), Manual Sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a Los Trópicos. Commonwealth Forestry Institute, Tropical Forestry Paper No. 10 @ 10ª, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, xvi + 233 p.
- ICO (International Coffee Organization). (2024). Coffee Seeds: Quality and Preservation.
- Bertrand, B., Vaast, P., & Etienne, H. (2007). Coffee seed physiology. In N. M. Lidón (Ed.), *Coffee biotechnology and quality: Proceedings of the 3rd International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agro-Industry* (pp. 73-82). Leuven, Belgium: ICO.
- Ramírez, O. A., & Somarriba, E. (2000). Coffee agroforestry systems in Latin America: Integrating profitable farming and biodiversity conservation. *Agroforestry Systems*, 48(1), 39-49.
- Rubio Cebrián, C. T. (2020). Fisiología de la germinación de semillas tropicales recalcitrantes. Editorial Universidad.

- Harvey, C. A., & Villalobos, J. A. (2007). Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2257-2292.
- Jose, S., & Gordon, A. M. (2008). *Ecology and Management of Coffee Agroecosystems in the Tropics: The Case of Southeastern Asia*. Springer Science & Business Media.
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). *Coffee Agroecology: A New Approach to Understanding Agricultural Biodiversity, Ecosystem Services and Sustainable Development*. Routledge.
- Uphoff, N., Fernandes, E. C. M., & Yuan, L. (Eds.). (2002). *Assessment of Seedling Quality: Concepts, Measurement, and Improvement*.
- Uphoff, N. (2006). Agroecological approaches to crop improvement: On-farm participatory plant breeding. *Field Crops Research*, 39(1), 173-193.
- Wintgens, P.N. (2009). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. Wiley-VCH.
- Wintgens, J. N. (Ed.). (2012). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. Wiley-Blackwell.
- Wrigley G. - *Café*. Londres, Longman, 1988.
- World Coffee Research. (2018). *Bourbon*. En *Arabica Coffee Varieties*.
- World Coffee Research. (2018). *Caturra*. En *Arabica Coffee Varieties*.
- World Coffee Research. (2018). *SL28*. En *Arabica Coffee Varieties*.

ANEXOS



Figura 5. Sistema agroforestal con café.



Figura 6. Medición de la inserción entre ramas.



Figura 7. Medición del diámetro basal.



Figura 8. *Medición de la altura de la planta.*



Figura 9. *Cereza de café.*



Figura 10. *Lavado de la cereza del café.*



Figura 11. *Pesado de la semilla del café.*



Figura 12. *Selección de semillas para normas ISTA.*



Figura 13. *Germinación de semillas (en laboratorio)*



Figura 14. Selección de plántulas para mediciones.

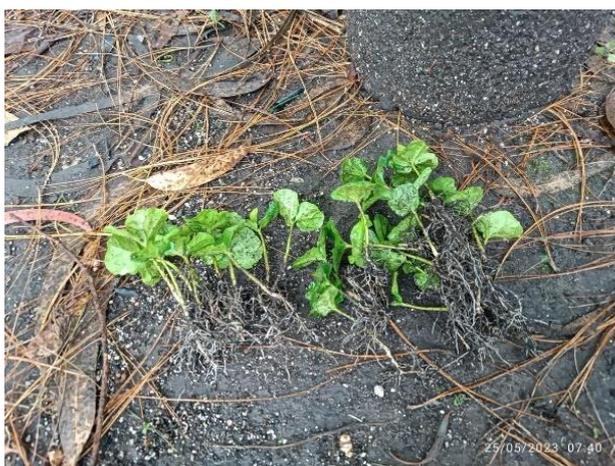


Figura 15. Plántulas para el proceso de medición de relación radicular y aérea.



Figura 16. Medición de la parte aérea y radicular de café.



Figura 17. Toma de datos de campo.



Figura 18. Riego de plántulas de cafeto.



Figura 19. Plántulas de cafeto, relación parte aérea y radicular.



Figura 20. *Plántulas de cafeto con perfecto estado fitosanitario.*



Figura 21. *Pesado de biomasa verde.*



Figura 22. *Introducción de muestras de biomasa en el horno de secado.*



Figura 23. Muestras de biomasa al horno de secado.



Figura 24. Pesado de biomasa seca.