



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**ANÁLISIS DE DOS TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS Y
CUATRO SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE
Coffea arabica L. (CAFÉ) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

JIMMY DANIEL ARIAS LASCANO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**ANÁLISIS DE DOS TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS Y
CUATRO SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE
Coffea arabica L. (CAFÉ) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: JIMMY DANIEL ARIAS LASCANO

DIRECTOR: Ing. DANIEL ARTURO ROMÁN ROBALINO, MsC.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Jimmy Daniel Arias Lascano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **JIMMY DANIEL ARIAS LASCANO**, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de enero de 2023.

Jimmy Daniel Arias Lascano

0504003930

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular, tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE DOS TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS Y CUATRO SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Coffea arabica* L. (CAFÉ) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, de responsabilidad del señor: **JIMMY DANIEL ARIAS LASCANO**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Bqf. Cristina Nataly Villegas Freire, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2023-01-26
Ing. Daniel Arturo Román Robalino, MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-01-26
Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva, MsC. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-01-26

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación la dedico con todo mi cariño y amor, principalmente a DIOS, que me diste la oportunidad de superarme de manera profesional y regalarme una familia maravillosa, de manera especial a mi madre que me dio la vida y ha estado conmigo en todo momento. Gracias por todo Giovanni y mamá por darme una educación para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, agradezco de todo corazón el que estén siempre a mi lado.

Jimmy

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi Mamita Esmeralda y Papito Darío, que siempre velaron por mis intereses, siempre cuidaron de mí y me forjaron con valores y educación, que siempre me impulsaron a ser mejor y que ahora papito estás en el cielo velando siempre por mí.

También agradecer a mis amigos, compañeros y maestros que fueron parte importante de esta historia, con sus aportes profesionales que los caracterizan, ya que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, siempre con ese cariño y sé que nunca los olvidaré.

Finalmente, gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de ser parte de tan sublime institución y por brindarme tantos conocimientos, profesionales y a nivel personal.

Jimmy

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3.	Problema General de Investigación.....	2
1.4.	Problemas específicos de investigación.....	2
1.5.	Objetivos.....	3
1.5.1.	<i>Objetivo General</i>	3
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	3
1.6.	Justificación de la investigación.....	3
1.6.1.	<i>Justificación Teórica</i>	3
1.6.2.	<i>Justificación Metodológica</i>	3
1.6.3.	<i>Justificación Práctica</i>	3
1.7.	Hipótesis.....	4
1.7.1.	<i>Hipótesis nula</i>	4
1.7.2.	<i>Hipótesis alterna</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Café (<i>Coffea arabica</i>).....	5
2.1.1.	<i>Descripción taxonómica</i>	5
2.1.2.	<i>Descripción botánica</i>	6
2.1.3.	<i>Valor nutricional del café en infusión</i>	7
2.1.4.	<i>Usos y propiedades</i>	9
2.1.5.	<i>Ecología y distribución de la especie</i>	9

2.1.6.	Características edafoclimáticas	9
2.1.6.1.	<i>Requerimientos climáticos</i>	9
2.1.6.2.	<i>Requerimientos edáficos</i>	10
2.1.6.3.	<i>Zonas de producción en el país</i>	10
2.1.7.	Manejo en el vivero	10
2.1.7.1.	<i>Ubicación del vivero</i>	10
2.1.7.2.	<i>Diseño del vivero</i>	10
2.1.7.3.	<i>Semillero o germinador</i>	10
2.1.7.4.	<i>Germinación</i>	11
2.1.7.5.	<i>Tipo de funda y sustrato para el enfundado</i>	11
2.1.7.6.	<i>Trasplante a la funda</i>	11
2.1.7.7.	<i>Control de malezas</i>	11
2.1.7.8.	<i>Riego en vivero</i>	12
2.1.7.9.	<i>Fertilización en vivero</i>	12
2.1.7.10.	<i>Manejo Fitosanitario en vivero</i>	12
2.1.8.	Descripción silvicultural y de manejo de la especie	16
2.1.8.1.	<i>Preparación del terreno</i>	16
2.1.8.2.	<i>Siembra</i>	16
2.1.9.	Enfermedades y plagas en plantación	18
2.1.9.1.	<i>Enfermedades</i>	18
2.1.9.2.	<i>Otras enfermedades que pueden afectar al café</i>	18
2.1.10.	Cosecha y pos cosecha	20
2.1.10.1.	<i>Por la vía seca</i>	20
2.1.10.2.	<i>Por la vía húmeda o cafés lavados</i>	20
2.1.11.	Costos de producción	22
2.2.	Sustrato	22
2.2.1.	Propiedades de los sustratos de cultivo	22
2.2.1.1.	<i>Propiedades físicas</i>	22
2.2.1.2.	<i>Propiedades químicas</i>	24
2.2.1.3.	<i>Propiedades biológicas</i>	24
2.2.2.	Características del sustrato ideal	24
2.2.2.1.	<i>Propiedades físicas</i>	24
2.2.2.2.	<i>Propiedades químicas</i>	25
2.2.3.	Tipos de sustratos	25
2.2.3.1.	<i>Según sus propiedades</i>	25
2.2.3.2.	<i>Según el origen de los materiales</i>	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1.	Enfoque de investigación	27
3.2.	Nivel de Investigación	27
3.3.	Diseño de investigación	27
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	27
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	27
3.3.3.	<i>Factores en estudio</i>	28
3.3.3.1.	<i>Factor A (tratamiento pre-germinativo)</i>	28
3.3.3.2.	<i>Factor B (sustrato)</i>	28
3.3.4.	<i>Tratamientos en estudio</i>	28
3.3.5.	<i>Unidad experimental</i>	29
3.4.	Tipo de estudio	29
3.5.	Población y Planificación	29
3.5.1.	<i>Material Biológico</i>	29
3.5.2.	<i>Obtención y limpieza de las semillas</i>	30
3.5.3.	<i>Desinfección de las semillas y los sustratos</i>	30
3.5.4.	<i>Preparación de los sustratos</i>	30
3.5.5.	<i>Cumplimiento del primer objetivo</i>	30
3.5.6.	<i>Cumplimiento del segundo objetivo</i>	31
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	32
3.6.1.	<i>Caracterización del lugar</i>	32
3.6.1.1.	<i>Localización</i>	32
3.6.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	34
3.6.1.3.	<i>Características climáticas</i>	35
3.6.2.	<i>Materiales y equipos</i>	35
3.6.2.1.	<i>Materiales de campo</i>	35
3.6.2.2.	<i>Equipos informáticos</i>	35
3.6.3.	<i>Análisis funcional</i>	35

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1.	Porcentaje de emergencia	37
4.1.1.	<i>ANOVA del porcentaje de emergencia de plántulas</i>	38
4.1.1.1.	<i>Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, % de emergencia</i>	39

4.1.1.2.	<i>Prueba de Tukey de los sustratos, % de emergencia</i>	39
4.1.1.3.	<i>Prueba de Tukey de los tratamientos, % de emergencia</i>	40
4.2.	Velocidad de crecimiento de la altura (cm)	40
4.2.1.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento de la altura de los 30 a 60 días</i>	40
4.2.1.1.	<i>Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, altura, 30 a 60 días</i>	41
4.2.1.2.	<i>Prueba de Tukey de los sustratos, altura, 30 a 60 días</i>	41
4.2.1.3.	<i>Prueba de Tukey de los tratamientos, altura, 30 a 60 días</i>	42
4.2.2.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento de la altura de los 60 a 90 días</i>	43
4.3.	Velocidad de crecimiento del diámetro del cuello (cm)	43
4.3.1.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 30 a 60 días .</i>	43
4.3.2.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 60 a 90 días .</i>	44
4.4.	Velocidad de crecimiento del número de hojas	45
4.4.1.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 30 a 60 días .</i>	45
4.4.2.	<i>ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 60 a 90 días .</i>	45
CONCLUSIONES		47
RECOMENDACIONES		48
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Nutrientes básicos del café en infusión.....	7
Tabla 2-2:	Minerales del café en infusión	8
Tabla 3-2:	Principales componentes lipídicos del café en infusión.....	8
Tabla 4-2:	Vitaminas del café en infusión.....	8
Tabla 5-2:	Insectos-Plaga más comunes en los viveros de café	12
Tabla 6-2:	Enfermedades más comunes en los viveros de café.....	14
Tabla 7-2:	Densidades poblacionales recomendadas para las diferentes de café arábigo	17
Tabla 1-3:	Descripción de los tratamientos pre-germinativos.....	28
Tabla 2-3:	Formación de los sustratos.....	28
Tabla 3-3:	Descripción y códigos de los tratamientos en estudio	28
Tabla 4-3:	Diseño de bloques completo al azar (DBCA).....	29
Tabla 1-4:	Porcentaje de emergencia de plántulas	37
Tabla 2-4:	ANOVA del porcentaje de emergencia de plántulas	38
Tabla 3-4:	Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, % de emergencia.....	39
Tabla 4-4:	Prueba de Tukey de los sustratos, % de emergencia.....	39
Tabla 5-4:	Prueba de Tukey de los tratamientos, % de emergencia.....	40
Tabla 6-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento en altura de los 30 a 60 días	41
Tabla 7-4:	Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, 30 a 60 días	41
Tabla 8-4:	Prueba de Tukey de los sustratos, 30 a 60 días	42
Tabla 9-4:	Prueba de Tukey de los tratamientos, 30 a 60 días	42
Tabla 10-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento en altura de los 60 a 90 días	43
Tabla 11-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello, 30 a 60 días..	44
Tabla 12-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello, 60 a 90 días..	44
Tabla 13-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 30 a 60 días.	45
Tabla 14-4:	ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 60 a 90 días.	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Planta, frutos y semilla de Café (<i>Coffea arabica</i>)	7
Ilustración 1-3:	Mapa de ubicación del vivero temporal	33
Ilustración 2-3:	Mapa de ubicación del lugar de recolección	34
Ilustración 1-4:	Porcentaje de emergencia de plántulas por tratamiento	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANTA SEMILLERA Y SEMILLAS RECOLECTADAS

ANEXO B: PREPARACIÓN DE LAS CAMAS SEMILLERAS

ANEXO C: LIMPIEZA DE LAS SEMILLAS

ANEXO D: DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO

ANEXO E: COLOCACIÓN DE LAS SEMILLAS

ANEXO F: CONTEO DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS

ANEXO G: EMERGENCIA DE LAS PRIMERAS PLÁNTULAS

ANEXO H: MEDICIÓN DE LAS PRIMERAS PLÁNTULAS

ANEXO I: REPULGUE DE PLANTAS

RESUMEN

La presente investigación consistió en analizar dos tratamientos pre-germinativos y cuatro sustratos en la propagación sexual de Café (*Coffea arabica* L.) en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Para cumplir con lo planteado en los objetivos se utilizaron semillas de la especie en estudio, recién recolectadas del cantón Pallatanga, a las que se dejaron secar y luego se les retiró la cáscara, estas se distribuyeron en partes iguales para conformar un diseño de bloques completos al azar con una estructura factorial de 4x3 con dos repeticiones, con los factores: A, consistentes en los tratamientos pre-germinativos: Agua a temperatura normal por 24 horas, Agua caliente por dos minutos y Semillas sin tratamiento; y B, consistente en los sustratos: Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%), Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%), Tierra negra (50%) + Arena (50%) y Arena de río (100%); las semillas fueron germinadas en camas con los tratamientos formados, para determinar su porcentaje de germinación, luego se trasplantaron a fundas donde se tomó los datos de crecimiento en altura, diámetro y número de hojas a los 30, 60 y 90 días; con estos datos se consiguieron las tasas de crecimiento, datos que fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey. Se obtuvo un máximo de 26 % de emergencia con los tratamientos aplicados; además, se obtuvo diferencia significativa solo en la velocidad de crecimiento de la altura de las plantas en el lapso de 30 a 60 días con el tratamiento de Agua a temperatura normal por 24 horas con Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%). La temperatura baja de la ciudad limitó la emergencia y crecimiento de *Coffea arabica*; por lo que se recomienda probar la reproducción sexual de esta especie en un ambiente controlado.

Palabras clave: <ANÁLISIS DE VARIANZA>, <CAFÉ (*Coffea arabica*)>, <EMERGENCIA DE PLANTULAS>, <SUSTRATO PARA EMERGENCIA>, <TASA DE CRECIMIENTO>, <TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO>.

0312-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

This research aimed to analyze two pre-germination treatments and four substrates in the sexual propagation of Coffee (*Coffea arabica* L.) in the city of Riobamba, province of Chimborazo. Seeds of the species under study were recently collected from the Pallatanga town. They were dried, and their shell was removed. These were distributed in equal parts to form a complete block randomized design with a 4x3 factorial structure with two repetitions, including the factors A and B. The first one consisted of the pre-germination treatments: Water at normal temperature for 24 hours, Hot water for two minutes and Seeds without treatment. The second factor consisted of the substrates: Black Earth (25%) + Sand (25%) + Husk (50%), Sand (50%)+ Black Earth (25%) + Husk (25%), Black Earth (50 %) + Sand (50%) and River sand (100%). The seeds were germinated in beds with the treatments formed in order to determine their germination percentage. Then, they were transplanted to bags where the growth data in height, diameter, and the number of leaves were taken at 30, 60, and 90 days; With these data, the growth rates were obtained, data that were submitted to analysis of variance and Tukey's test. A maximum of 26% of emergency was obtained with the applied treatments. In addition, a significant difference was obtained only in the speed of growth of the height of the plants in the period of 30 to 60 days with the treatment of Water at normal temperature for 24 hours with Black Earth (25%) + Sand (25%) + Husk (50%). The low temperature in the city limited the emergence and growth of *Coffea arabica*. Therefore, it was recommended to test the sexual reproduction of this species in a controlled environment.

Keywords: <ANALYSIS OF VARIANCE>, <COFFEE (*Coffea arabica*)>, <SEEDLINGS EMERGENCE>, <SUBSTRATE FOR EMERGENCE>, <GROWTH RATE>, <PRE-GERMINATIVE TREATMENT>.

Riobamba, February 13th, 2023

PhD. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

El café es originario de Etiopía donde en el siglo XI se encontraron los primeros cafetos, el árbol del café, y se descubrieron las propiedades de las semillas encerradas en su fruto. Actualmente el café se cultiva en muchas partes de las zonas tropicales y subtropicales de África, América y Asia. Según el tipo de café (arábica o robusta) se plantan en terrenos de altitud, por encima de los 800 metros sobre el nivel del mar o bien en zonas más bajas (Nestle, 2017, párr. 1-3).

La planta del café (el cafeto, especie “*Coffea*”, familia “*rubiaceae*”), existe como arbusto o como árbol (4-10 metros de altura). La característica especial de estas plantas tropicales es que pueden producir simultáneamente flores y frutos (cerezas de café) de diferentes grados de madurez. El grano de café, tal como lo conocemos, es la semilla del cafeto. Los frutos, parecidos a la cereza, contienen cada uno dos semillas que yacen con los lados planos uno contra el otro. Las semillas están cubiertas por el mucílago, una piel de pergamino y la pulpa. Hay más de 80 tipos de café, dos de los cuales dominan hoy en día, siendo: *Coffea Arabica* y *Coffea canephora* (Robusta). El *arábica* prospera mejor a altitudes de 600-2000 metros y a 15-24 °C (Dethlefsen y Balk, 2017, párr. 2-4).

El café es parte de la identidad del Ecuador. Este cultivo, uno de los más antiguos a nivel de la región, integra también la lista de productos que se integran con más fuerza a las iniciativas de comercio exterior y producción libre de deforestación, respondiendo a la demanda en Europa y en el continente asiático. Gracias a la diversidad de ecosistemas en el país, su producción se extiende por todo el territorio ecuatoriano: desde la tradicional provincia de Loja y las exóticas Islas Galápagos, hasta la zona del Carchi (Rikolto, 2019, párr. 1).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Cerca de 46 mil productores ecuatorianos dependen del café, cultivo al que destinan alrededor de 96312 hectáreas. En la sierra ecuatoriana, no todos ellos tienen la capacidad de ofrecer al mercado café de especialidad, además que no tienen métodos de producción y poscosecha debidamente establecidos que aseguren el más alto porcentaje de emergencia de las semillas o que ayuden a su mejor desarrollo, entre varios aspectos que garanticen una mejor producción de *Coffea arabica* (Rikolto, 2019, párr. 2).

1.2. Limitaciones y delimitaciones

El proyecto de investigación tiene como limitantes la viabilidad de las semillas de *Coffea arabica* L. (Café), su procedencia y la correcta aplicación de la metodología usada. El trabajo está delimitado en la propagación sexual de *Coffea arabica* L. (Café) en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, más específicamente en el vivero temporal establecido en las calles Av. Antonio José de Sucre y pasaje Diego Noboa.

1.3. Problema General de Investigación

¿Cómo inciden dos tratamientos pre-germinativos y cuatro sustratos en la propagación sexual de *Coffea arabica* L. (Café) en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo?

1.4. Problemas específicos de investigación

- ¿Cuál es el efecto de dos tratamientos pre-germinativos en cuanto al porcentaje de emergencia de *Coffea arabica* L. (Café)?
- ¿Cuál es el efecto de cuatro sustratos en el desarrollo de plántulas de *Coffea arabica* L. (Café)?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar dos tratamientos pre-germinativos y cuatro sustratos en la propagación sexual de *Coffea arabica* L. (Café) en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de dos tratamientos pre-germinativos en cuanto al porcentaje de emergencia de *Coffea arabica* L. (Café).
- Analizar el efecto de cuatro sustratos en el desarrollo de plántulas de *Coffea arabica* L. (Café).

1.6. Justificación de la investigación

1.6.1. Justificación Teórica

La investigación se justifica en el conocimiento del cultivo de café en lugares con una mayor altitud, llamado también café de altura, usando como base la información de la especie *Coffea arabica* L. (Café): su ecología, sus requerimientos, su manejo en vivero y sus tratamientos pregerminativos; y en la información de las propiedades y aportes de diferentes sustratos en el desarrollo de los cultivos.

1.6.2. Justificación Metodológica

Para lograr los objetivos planteados se usó un proceso metodológico ordenado y sistematizado, se utilizaron técnicas de investigación cuantitativa orientado al análisis estadístico de la velocidad de crecimiento de variables vegetales como la altura, diámetro y número de hojas; así como las diferencias encontradas por el uso de los distintos factores de estudio.

1.6.3. Justificación Práctica

El establecimiento de protocolos específicos para el manejo de determinada especie en determinado lugar con características ambientales propias de la zona, permite al sujeto interesado en el cultivo de la especie tener una base en la que guiarse para poder tener un mejor aprovechamiento de los recursos a emplearse y tener un mejor control de la producción.

El presente trabajo de investigación busca servir como base para el conocimiento del cultivo de *Coffea arabica* en zonas como la ciudad de Riobamba o los alrededores de la provincia de Chimborazo.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis nula

Ninguno de los tratamientos pre-germinativos y sustratos tiene un efecto positivo en la propagación sexual de *Coffea arabica* L (Café).

1.7.2. Hipótesis alterna

Al menos uno de los tratamientos pre-germinativos y sustratos tiene un efecto positivo en la propagación sexual de *Coffea arabica* L (Café).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Café (*Coffea arabica*)

Esta especie pertenece a la familia de las rubiáceas (*Rubiaceae*), agrupación que contiene a unos 500 géneros y más de 6000 especies, siendo estos en su mayoría en forma de árboles y arbustos tropicales. Dentro del género *Coffea* hay más de 100 especies, todas ellas naturales de África tropical y de algunas islas de Océano Índico, como Madagascar. Todas son leñosas, pero comprenden desde arbustos hasta árboles de 5 a 10 metros de altura. Sus hojas son elípticas, acabadas en punta y aparecen por pares. Presentan peciolos cortos y pequeñas estipulas, y en el envés pueden aparecer unas pequeñas cavidades que albergan pequeños artrópodos, conocidas como domotia. Las hojas pueden ser también de distintos colores: verde lima, verde oscuro, bronce o con matices purpúreos. Los frutos son tipo drupa, con epicarpio carnoso y doble semilla (Rojo, 2014, p. 113).

Coffea arabica fue detallado por primera vez en 1753 por Linneo. Es genéticamente diferente a otras especies de café, ya que es tetraploide, lo que le hace tener un total de 44 cromosomas en lugar de 22. Se trata de un arbusto grande, de unos 5 metros de altura, con hojas ovaladas y de color verde oscuro brillante. La floración se produce después del periodo de lluvias, y sus flores son blancas, de aroma dulce y están dispuestas en racimo. Los frutos, verdes y ovalados, se vuelven rojos cuando maduran, al cabo de 7-9 meses. Cada fruto contiene habitualmente dos semillas de aspecto chato y aplanado (los granos de café). *Coffea arabica* se cultiva en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y en Indonesia (Rojo, 2014, p. 113).

2.1.1. Descripción taxonómica

De acuerdo con Martínez (2010, p. 7), el café usado en esta investigación tiene la siguiente descripción taxonómica:

Reino:	Vegetal
División:	Antofita
Subreino:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledoneas
Subclase:	Simpetalas
Orden:	Rubiales

Familia: Rubiaceae
Tribu: Cofeales
Género: *Coffea*
Sección: Eucofea
Subsección: Erythrocoffea
Especie: *arabica*

2.1.2. Descripción botánica

Hojas: Relativamente pequeñas, pero varían en anchura, promediando de 12-15 cm de largo y más o menos 6 cm de ancho, de forma oval o elíptica, acuminadas, cortas, agudas en la base, algunas veces un tanto onduladas, siempre vivas (EcuRed, 2002, párr. 3).

Flores: En inflorescencia. Flores blancas pequeñas con olor fragante. Los pétalos se unen en forma de un tubo pudiendo variar en un número de 4 a 9 dependiendo de la especie o su variedad. Su cáliz está dividido en 4 o 5 sépalos. Sus flores suelen aparecer alrededor de los 3 años de crecimiento, en la mayoría de las variedades; y aumentan conforme va creciendo la planta. Nacen en las axilas de las hojas de las ramas laterales. Su polinización es mayormente realizada por insectos, aunque hay especies que son autógamas, es decir que no necesitan intervención exterior para ser polinizadas. Granos de polen grandes y pegajosos, evitando que sean arrastrados por el viento por lo que el 94% de su polinización es autónoma y solo el 6% es cruzada (Martínez, 2010, p. 13-14).

Inflorescencia: Racimo de eje muy corto con 2 a 9 flores, dependiendo de su variedad (Martínez, 2010, p. 14).

Fruto: La baya oblonga - elíptica, más o menos de 1,5 cm de largo, al principio de color verde, después de color rojo y con el tiempo de color azul – negro (EcuRed, 2002, párr. 5).

Semillas: Las semillas varían en tamaño de 8,5 a 12,7 mm de largo (EcuRed, 2002, párr. 6).



Ilustración 1-1. Planta, frutos y semilla de Café (*Coffea arabica*)

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

2.1.3. Valor nutricional del café en infusión

A continuación, se detallan algunas de las características básicas del café preparado en una infusión con agua:

Tabla 1-2: Nutrientes básicos del café en infusión

Nutriente	Unidades	Valor por 100g
Agua	g	99,39
Energía	kcal	1
Proteínas	g	0,12
Carbohidratos	g	0,2
Grasas Totales	g	0
Fibra	g	0
Cafeína	mg	40

Fuente: USDA citado en Rojo, 2014.

Tabla 2-2: Minerales del café en infusión

Mineral	Unidades	Valor por 100g
Calcio, Ca	mg	2
Hierro, Fe	mg	0,01
Magnesio, Mg	mg	3
Potasio, K	mg	3
Fósforo, P	mg	49
Sodio, Na	mg	2
Zinc, Zn	mg	0,020
Cobre, Cu	mg	0,002
Manganeso, Mn	mg	0,023
Selenio, Se	µg	0
Flúor, F	µg	90,7

Fuente: USDA citado en Rojo, 2014.

Tabla 3-2: Principales componentes lipídicos del café en infusión

Lípidos (totales)	Unidades	Valor por 100g
Saturados	g	0,002
Mono Insaturados	g	0,015
Poliinsaturados	g	0,001
Colesterol	g	0

Fuente: USDA citado en Rojo, 2014

Tabla 4-2: Vitaminas del café en infusión

Vitaminas	Unidades	Valor por 100g
Tiamina	mg	0,014
Riboflavina	mg	0,076
Niacina	mg	0,191
Ácido Pantoténico	mg	0,254
B6	mg	0,001
Folato, Total	mg	2
Colina	mg	2,6
E, Gamma Tocoferol	mg	0,01
K	µg	0,1

Fuente: USDA citado en Rojo, 2014.

2.1.4. Usos y propiedades

Las semillas de café se emplean especialmente para producir la bebida estimulante del mismo nombre, pero, también se pueden usar como biofertilizantes, biocombustibles, biomasa y con fines medicinales, por ejemplo, para el tratamiento de la malaria en Latinoamérica.

Atendiendo a las propiedades de la cafeína, este compuesto es un estimulante del sistema nervioso central, que acrecienta el estado de vigilia, provoca contracciones cardíacas, causa vasodilatación periférica y la vasoconstricción a nivel craneal. También se encarga de estimular la musculatura esquelética, la diuresis y la secreción y movilidad gástrica espontánea. La cafeína se emplea también como una solución suplementaria en el tratamiento de migrañas y del sobrepeso, a la vez que está asociada a medicamentos con efectos secundarios sedantes. En cuanto a los efectos fisiológicos de la bebida, el café produce un ligero incremento de la presión arterial y de los niveles de homocisteína en suero. El consumo de determinados cafés con elevadas concentraciones de diterpenos también parece conducir a un aumento de los niveles séricos de colesterol. Varios estudios exponen que el consumo de café previene el desarrollo de cáncer de colon e hígado, disminuye el acontecimiento de diabetes, y reduce el riesgo de sufrir daño hepático y trastornos neurológicos (Rojo, 2014, p. 113).

2.1.5. Ecología y distribución de la especie

Países productores en general los del este de África (Etiopía, Kenia y Tanzania) y centroamericanos (Puerto Rico, Cuba, Haití, Jamaica, Santo Domingo, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Salvador y Nicaragua) incluyendo países de Suramérica como el Ecuador (Pozo, 2014, p. 44).

2.1.6. Características edafoclimáticas

2.1.6.1. Requerimientos climáticos

Altitud:	15-1800 m s.n.m.
Temperatura:	18 a 21°C
Precipitación:	1200-1800 mm
Humedad:	70 a 95% (INIAP, 2014a, párr. 3-6).

2.1.6.2. *Requerimientos edáficos*

Suelo: Franco arcilloso, franco arenoso o franco limoso.

pH: 5,6 a 6,5 (INIAP, 2014a, párr. 8).

2.1.6.3. *Zonas de producción en el país*

Las principales zonas productoras de *Coffea arabica* en el Ecuador, están ubicada en las provincias de: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Loja, Manabí, Morona Santiago, Pastaza, Pichincha, Santo Domingo y Zamora Chinchipe (INIAP, 2014a, párr. 10-12).

2.1.7. *Manejo en el vivero*

2.1.7.1. *Ubicación del vivero*

La ubicación donde se construirá el cobertizo para los semilleros y viveros de café, debe: estar cerca de una fuente de agua, ser preferiblemente plano y nivelado, estar libre de piedra, terrones y palos, libre de malezas, plagas y patógenos. Tener protección, fácil acceso y ubicarse cerca de las áreas de plantación definitiva (INIAP, 2014b, p. 1).

2.1.7.2. *Diseño del vivero*

La estructura del cobertizo o vivero puede ser construida empleando materiales naturales en caso de ubicarse en una finca como: madera o caña guadua para pilares y travesaño, y hojas grandes de especies que crezcan en la zona. Para viveros comerciales, el cobertizo se puede construir con pilares de cemento, travesaños de madera o tubos de hierro y una cubierta de sarán de color negro (malla sintética fina) (INIAP, 2014b, p. 1).

2.1.7.3. *Semillero o germinador*

Los semilleros pueden construirse a nivel del suelo o elevados sobre mesones. Los germinadores sobre mesones son recomendados solo cuando hay riesgo de daños por los animales domésticos. El recuadro del germinador se construye con ladrillo o madera y debe tener máximo un metro de ancho para el trabajo apropiado desde el borde hasta el centro, el largo del germinador será de acuerdo al número de plántulas que se desea producir. El sustrato puede tener un grosor de 20 cm (Duicela et al., 2004, p. 18).

El sustrato recomendado para hacer germinar la semilla de café, es la arena de río cernida y desinfectada. La semilla de café puede sembrarse en hileras o al voleo, la siembra en hilera es más beneficiosa cuando la semilla es escasa y se requiere un eficiente aprovechamiento. La semilla se ubica con la cara plana hacia abajo, ligeramente presionando sobre la arena. En la siembra al voleo se utiliza entre 0,5 y 1 kilo de semilla/m² de germinador (INIAP, 2014b, p. 2).

2.1.7.4. Germinación

Las semillas de café, germinarán aproximadamente a los 45 días. Cuando se realiza una eliminación manual de la piel de las semillas y se provee del agua suficiente, la germinación puede ocurrir a los 30 días después de ser sembradas. Para los 45 a los 60 días después de haberse realizada la siembra de las semillas, se tienen las plántulas en estados de “fosforitos”, listas para ser trasplantadas al sustrato (Duicela et al., 2004, p. 20).

2.1.7.5. Tipo de funda y sustrato para el enfundado

Se recomienda el uso fundas de polietileno, de color negro, con 12 a 18 perforaciones. Los tamaños de la funda pueden ser de 6x7, 6x8, 7x7 o 7x8 pulgadas. El sustrato que se recomienda puede ser tierra agrícola enriquecida con compost, en relación de 3 a 1. El sustrato en las fundas se debe desinfectar empleando fungicidas, disolviéndolos en agua limpia, para la dispersión se recomienda el uso de una regadera o una mochila aspersora. Luego de aproximadamente cuatro días de la desinfección se procede a trasplantar los individuos a las fundas (INIAP, 2014b, pp. 2-3).

2.1.7.6. Trasplante a la funda

El trasplante del café a la funda de polietileno, se inicia haciendo un agujero en la parte central de la funda, de 8 a 10 cm de profundidad utilizando un “chuzo” de madera, inmediatamente después, la plantita se coloca cuidadosamente en el hoyo, con la raíz al fondo y se entierran hasta el nivel de cuello, apretando suavemente en los lados para no dejar bolsas de aire (INIAP, 2014b, p. 3).

2.1.7.7. Control de malezas

Las deshieras de maleza preferentemente se deben realizar de forma manual. En caso de querer usar un herbicida, puede emplearse Goal 2 EC (Oxyfluorfen) selectivo para el cultivo de café. La dosis recomendada es de 5 cm³/litro de agua (100 cm³/20 litros de agua), aplicado-pre emergencia con una bomba aspersora manual (Duicela et al., 2004, p. 30).

2.1.7.8. Riego en vivero

Los riegos en vivero deben efectuarse periódicamente, según las necesidades hídricas de las plantitas, evitando la falta y el exceso de agua. A veces se necesita hasta un riego diario durante la época seca (Duicela et al., 2004, p. 29).

2.1.7.9. Fertilización en vivero

Se debe efectuar fertilización química, aplicando un abono completo como: 10-30-10, 18-46-0, 12-24-12 o 20-20-20 a partir de la séptima semana del trasplante cada mes, a razón de 5 g/funda, que equivale a 5 kg/1000 plantas. La dosis debe ser colocada en dos pequeños orificios, de unos 5 cm de hondura, a una distancia de 3 a 5 cm del tallito de la planta.

Cuando se vea deficiencia nutricional en las hojas de los cafetos, deben aplicarse fertilizantes foliares: Stimufol (2 g/litro de agua) o Nitrofosca (2 cm³/litro de agua). Las deficiencias de nitrógeno se corrigen aplicando Urea (46% N), en dosis de 5 g/funda, sobre el sustrato húmedo (INIAP, 2014c, p. 3).

2.1.7.10. Manejo Fitosanitario en vivero

Insectos – Plaga

Tabla 5-2: Insectos-Plaga más comunes en los viveros de café

Nombre común:	Gusanos defoliadores
Nombre científico:	<i>Automeris</i> sp; <i>Eacles masoni</i>
Daño:	En estado larval atacan a las plántulas cortando los brotes en crecimiento y consumiendo las hojas desde el borde hacia la nervadura central.
Control:	Químico: Aplicación de insecticidas a base de Clorpirifos o de Cipermetrina. Biológico: Aplicación de insecticidas botánicos preparados con Nim (<i>Azadirachta indica</i>). Cultural: Labores como la deshierba, previene el ataque de esta plaga.
Nombre común:	Minador de la hoja
Nombre científico:	<i>Perileuoptera coffeell</i>

Daño:	En su estado larval se hospeda en el interior de las hojas, alimentándose del tejido y formando galerías (minas) visibles en el haz. Los cafetales más afectados son aquellos con sobre exposición solar.
Control:	Biológico: En Ecuador se han encontrado varios parasitoides y predadores como: <i>Viridipyge letifer</i> , <i>Mirax</i> sp., <i>Cirrospilus</i> sp., <i>Zagrammosoma</i> sp., <i>Pnigalio</i> sp., <i>Tetrastichus</i> sp., <i>Horismenus cupreus</i> , <i>Catolaccus</i> sp., y <i>Trisopsis</i> . Entre las especies de predadores se encuentran: <i>Polistes</i> sp., <i>Polybia</i> sp., y <i>Chrysopa</i> sp. Cultural: Proporcionar sombra provisional con una especie de rápido crecimiento como el fréjol de palo (<i>Cajanus cajan</i>).
Nombre común:	Escama verde
Nombre científico:	<i>Coccus viridis</i>
Daño:	Se localiza a lo largo de las nervaduras, en el envés de las hojas, brotes, y frutos tiernos. Las escamas verdes en sus estados de ninfas y adultos succionan la savia de las plántulas causando un retraso en el crecimiento. Viven asociadas con las hormigas y se caracterizan por segregar una sustancia azucarada que recubre las hojas del cafeto sobre las cuales se desarrolla un hongo conocido como “fumagina” dando una apariencia ennegrecida al follaje, dificultando la fotosíntesis.
Control:	Químico: Aplicación de insecticidas como clorpirifos, en dosis de 1,5 cm ³ /litro de agua. Biológico: Uso de insecticida botánico a base de Nim.
Nombre común:	Cochinilla de la raíz
Nombre científico:	<i>Dysmicoccus</i> sp
Daño:	También conocido como piojo blanco, es una plaga que pertenece al orden Homóptera, familia de los Pseudocócidos. Viven en simbiosis con las hormigas. Las hembras adultas y ninfas succionan la savia de las raíces, provocando el aniquilamiento gradual de las plantas. La plaga preferentemente los cafetales sombreados y con excesiva humedad en el suelo.
Control:	Cultural: Buen drenaje del terreno, fertilización oportuna, regulación de sombra y colocación de mantillo en la parte basal de los cafetos.
Nombre común:	Hormigas Arrieras
Nombre científico:	Pertenece al orden Hymenóptera, familia Formicidae y a los géneros <i>Atta</i> y <i>Acromyrmex</i> .

Daño:	Ataca a una gran cantidad de cultivos, árboles y malezas, provocando severas defoliaciones, especialmente cerca de áreas boscosas. Estos insectos cortan el material vegetal y lo transportan a las cámaras subterráneas donde cultivan el hongo <i>Basidiomyceto</i> (Leucocoprineae; <i>Basidiomycotina</i>) como su fuente primaria de alimento.
Control:	<p>Químico: Se debe identificar los hormigueros, se limpia el área y se introduce en los agujeros un insecticida como el Clorpirifos.</p> <p>Biológico/Botánico: La siembra de <i>Canavalia ensiformis</i> (especie leguminosa) en los alrededores de los hormigueros o intercalada en los cafetales, contribuyen a la reducción de las poblaciones, debido a que las hojas contienen una sustancia tóxica para el hongo cultivado por estos insectos. La reducción de las poblaciones de la hormiga también se logra con el uso de cebos preparados con cáscaras de frutas, una porción de azúcar o panela y levadura de pan. El cebo causa trastornos en la digestión de los insectos y la muerte de éstos.</p>

Fuente: INIAP, 2014d.

Enfermedades

Tabla 6-2: Enfermedades más comunes en los viveros de café

Nombre común:	Mal del talluelo
Nombre científico:	Complejo de hongos; <i>Rhizoctonia solani</i> K., <i>Pellicularia filamentosa</i> , <i>Fusarium</i> sp., y <i>Phytium</i> sp.
Síntomas:	Aparecimiento de manchas necróticas hundidas, de color oscuro y aspecto rugoso, que empieza a nivel del cuello de la plántula y se extiende hasta cubrir el tallito y las hojas cotiledonales; la epidermis de la plántula se seca y frecuentemente se dobla y cae.
Control:	<p>Químico: Desinfectando el sustrato con Benlate (Benomyl) en dosis de 3 a 5 g/litro de agua, usando 2 litros de la suspensión por m² de semillero.</p> <p>Biológico: El uso de hongos benéficos como <i>Trichoderma harzianum</i>, que actúa como antagonista, tiene muchas perspectivas de uso.</p> <p>Cultural: La desinfección del sustrato mediante la aplicación de agua hirviendo, se hace usando una regadera o un recipiente de aluminio vertiendo directamente sobre el sustrato.</p>
Nombre común:	Mal de hilachas
Nombre científico:	<i>Pellicularia koleroga</i> . Agente causal: <i>Corticium koleroga</i>

Síntomas:	Se inicia a partir de las hifas adheridas al tallo, que progresivamente invaden las partes apicales del tallo y ramas; cubriendo las hojas y frutos tiernos con un tejido blanquecino-sedoso (micelio del hongo), el mismo que cuando madura tiene una coloración negruzca. En los estados avanzados de la enfermedad, se secan todas las partes infectadas: ramas, brotes, hojas y frutos. Un síntoma característico es que las hojas presentan un aspecto polvoso y cuando están secas se quedan colgando de hilachas conformadas por las hifas del hongo. Mientras más tiernos son los frutos a la vulnerabilidad a la enfermedad es mayor, llegando incluso a provocar una momificación total.
Control:	Químico: Dos aplicaciones de fungicidas cúpricos en dosis 1,5 a 2 kg i.a/ha. (más un adherente). La primera aplicación de fungicida se hace durante los primeros 15 días de la época lluviosa, y la segunda 6 a 8 semanas después. Cultural: Poda fitosanitaria, eliminando el follaje enfermo después de la cosecha, coincidiendo con las podas. Adecuada regulación de sombra evitando el exceso, distancias apropiadas, oportuno control de malezas.
Nombre común:	Mancha de hierro
Nombre científico:	<i>Cercospora coffeicola</i>
Síntomas:	Afecta los brotes, hojas tiernas y frutos de los cafetos. Cuando ataca las hojas causa defoliaciones prematuras, reducción de la capacidad fotosintética y pérdida de las cosechas; cuando afecta a los brotes tiernos detiene el crecimiento y si ataca a los frutos provoca daños a la calidad física del grano y a la calidad organoléptica de la bebida. Las mayores incidencias se presentan cuando se conjugan: sobre exposición solar, falta de humedad y carencia de nitrógeno asimilable.
Control:	Químico: Aplicación de fungicidas como Benomil (0,5 – 1,0 kg/hectárea) en cafetales de alta producción. Cultural: Vigorizar las plantas con fertilización de acuerdo al análisis de suelo, regulación de sombra (crecimiento de sombra provisional) y humedad adecuada del suelo.

Fuente: INIAP, 2014d.

2.1.8. Descripción silvicultural y de manejo de la especie

2.1.8.1. Preparación del terreno

Limpieza

El suelo para el cultivo del café debe reunir las condiciones nutricionales adecuadas para que la planta del café crezca nutricionalmente y con buenos rendimientos. Las medidas preparatorias son las siguientes: toma de muestra de suelo para análisis químico, eliminación de cafetal viejo, tumba de los árboles no deseados, deshierba, adecuación o establecimiento de la sombra temporal y permanente, trazado, balizado y apertura de hoyos (Gremios, 2016, párr. 5).

Trazado y balizado

El trazado es la indicación de los puntos donde se ubicarán los cafetos. El balizado es la colocación de señales en los sitios del trazo del futuro cafetal, usando estacas que se conocen con el nombre de “balizas”. El diseño del trazado y balizado para cafetales en terrenos planos pueden ser en cuadro, en rectángulo, en hilera doble o en triángulo. Para establecer en terrenos de laderas deben hacerse en curvas a nivel con el propósito de conservar el suelo (INIAP, 2014e, pp. 1-2).

Apertura de hoyos

Los hoyos deben realizarse en los puntos de balizado con ayuda de herramientas como: abre hoyos manuales, abre hoyos motorizados, azadón, pala; teniendo las siguientes dimensiones: 30 x 30 x 30 cm³. Si se planea, plantar 2 cafetos/sitio, se debe aumentar el ancho de los hoyos por lo menos a 40 cm. Para facilitar la apertura de los hoyos el suelo debe estar ligeramente húmedo; por lo que es conveniente realizarlo al inicio de la época lluviosa (INIAP, 2014e, p. 2).

2.1.8.2. Siembra

Densidad poblacional

La densidad poblacional depende de: las características agronómicas, variedad, fertilidad de suelo, profundidad, grado de pendiente del terreno y nivel de tecnología a aplicar. Se recomienda densidades poblacionales altas para las variedades de porte bajo y hay terrenos fértiles, profundos y con tendencia a planos. Hay que considerar un 10% adicional de plántulas para hacer las resiembras, previendo que habrá fallas en el establecimiento (Gremios, 2016, párr. 7).

Tabla 7-2: Densidades poblacionales recomendadas para las diferentes de café arábigo

Variedades	Distancia (metros)		Densidad poblacional (planta / hectárea)
	Entre hileras	Entre plantas	1 planta / sitio
Catuaí Rojo	2,00	1,00	5000
Sarchimor	1,75	1,25	4571

Fuente: INIAP, 2014f.

Fertilización inicial

Se recomienda la aplicación de 100 a 150 g/hoyo de abonos químicos como 10-30-10, 18-46-0 o cualquier otro fosfatado, de predilección mezclado con una porción de compost de 1 a 2 kg/hoyos. En caso de que el suelo donde se establece el cafetal tenga un pH menor de 5,5; al momento de plantar se deberá añadir una porción de cal, ceniza o roca fosfatada; en el caso de tener con una carencia de azufre, se puede agregar una porción de sulfato de calcio (yeso). La fertilización química u orgánica, debe basarse en un diagnóstico de la fertilidad y del grado acidez del suelo obtenido mediante el análisis químico del suelo (INIAP, 2014f, p. 1).

Manejo agronómico

Se recomienda combinar la roza manual con la aplicación de herbicidas. Normalmente la roza se efectúa durante la época lluviosa, particularmente durante la etapa de crecimiento (Gremios, 2016).

Riego

El tiempo de riego, así como la cantidad y frecuencia de agua que necesita el cultivo, depende de las precipitaciones de cada zona, densidad poblacional, fenología del cultivo, entre otros. En términos generales si un cafetal cuenta con sombra y cobertura con mantillo, requiere de 20 litros por planta en la etapa de crecimiento, mientras que para producción requiere de 40 litros por planta, estas cantidades se deben disponer una a dos veces por semana. El agua de riego debe tener un pH de 6,5 a 7,5; sin contaminante físicos, químicos o biológicos; recomendable determinar la calidad del agua en base a muestras de agua. Entre los tipos de riego se destaca el riego por gravedad, aspersión y goteo (Gremios, 2016, párr. 15).

2.1.9. Enfermedades y plagas en plantación

2.1.9.1. Enfermedades

Existen tres importantes enfermedades que causan grandes estragos en los cafetales de todo el mundo:

La roya del café: está causada por *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. (Basidiomycota, Uredinales). Esta enfermedad afecta solamente a las hojas, atacando a los cafetos de las tierras bajas. Provocando que su cultivo se haya visto desterrado a las tierras altas. Los síntomas se caracterizan por manchas de color amarillo-anaranjado localizadas en el haz y en el envés de las hojas, provocando grandes defoliaciones. La infección ocurre principalmente durante el periodo de sequía, después de un largo periodo de lluvias intensas y temperaturas moderadas (Rojo, 2014, p. 122).

La traqueomicosis: causada por *Fusarium xylarioides* (Ascomycota, Nectriaceae), el patógeno fue descrito por primera vez en 1948, en el Congo. Su gravedad radica en que taponan los haces vasculares del árbol, lo que provoca su muerte a los pocos meses. En las décadas de 1940-1950, la enfermedad se convirtió en un grave problema en varios países de África Central y Occidental, pero se controló mediante el uso de variedades resistentes y el descuaje y la quema de los cafetos infectados (Rojo, 2014, pp. 122-123).

La antracnosis: o enfermedad del grano del cafeto, de la baya del café o CBD (coffee berry disease), por el momento está restringida al continente africano. Afecta a los frutos verdes del café y tiene por agente causal a hongos del género *Colletotrichum* (Ascomycota, Glomerellaceae), como *C. coffeanum*, *C. kahawae* y *C. gloeosporioides*. Esta enfermedad requiere un exigente control químico y aún no se conocen cultivares resistentes a todos los aislamientos del patógeno (Rojo, 2014, p. 123).

2.1.9.2. Otras enfermedades que pueden afectar al café

- La gotera o enfermedad americana del cafeto, causada por *Mycena citricolor* (Basidiomycota, Tricholomataceae) afecta principalmente a las hojas, donde desarrolla lesiones circulares. Su aparición está asociada a un exceso de humedad y de sombra, y a la presencia de temperaturas medias.

- El mal de hilachas, causado por *Corticium koleroga* (Basidiomycota, Corticiaceae), provoca necrosis del fruto y aparición de moho en tallos y hojas. Se desarrolla como consecuencia de un exceso de humedad y de sombra.
- Volcamiento, causado por *Rhizoctonia solani* (Basidiomycota, Ceratobasidiaceae).
- Nudos radicales, causados por nematodos como *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* y *M. javanica*.
- La mancha de hierro o mancha cercosporica, causada por *Cercospora coffeicola* (Ascomycota, Mycosphaerellaceae), además de afectar a las hojas de plántulas en vivero, ataca el pericarpio de frutos verdes y maduros, afectando la calidad del grano con lesiones avanzadas.
- Llagas radicales, causadas por *Rosellinia bunodes* y *R. pepo* (Ascomycota, Xylariceae). Aparecen en suelos con exceso de humedad, provocando la pudrición de la raíz y con el tiempo la muerte del individuo.
- Mal rosado, causado por *Corticium salmonicolor* (Basidiomycota, Corticiaceae), afecta gravemente a las ramas productivas, provocando momificación de frutos y eventualmente la muerte del árbol por anillamiento del tronco. Está asociado a altas densidades de siembra y exceso de humedad.
- Mancha aureolada o rosada, causada por *Pseudomonas Garçae*, destruye las hojas de la planta.
- Cuando hay heridas en la planta se convierten en sitios de entrada para *Ceratocystis fimbriata* (Ascomycota, Ceratocystidiaceae), organismo con gran capacidad saprofítica, que produce clorosis en las hojas y que concluye con la muerte del árbol por taponamiento de los haces vasculares (llaga macana).
- En tierras altas hay ataques de *Phoma spp.* (Ascomycota, Pleosporales), que causan la muerte descendente en zonas expuestas a corrientes de aire frío.
- Cancros, causados por *Myrothecium roridum* (Ascomycota, Hypocreomycetidae). Los cafetos infectados, usualmente desde el semillero, muestran síntomas de canchros, o chancros, en las porciones bajas de los tallos y/o pudrición de la raíz pivotal.
- Algunos nematodos como *Meloidogyne sp.*, *Pratylenchus sp.* y *Rotylenchulus sp.* también son responsables de causar enfermedad en plantas del café (Rojo, 2014, p. 123-124).

Plagas

Numerosos insectos pertenecientes a las familias Coleoptera, Lepidoptera, Isoptera e Himenoptera, perforan la madera del cafeto, dañando ramas y tallos. Algunas de las más significativas son: *Leucoptera meyriki*, *L. coffeellum*, *Ascotis selenaria*, *Ancistrosoma rufipes*, *Platycoelia valida* e *Idiarthron subquadratum*. También los géneros: *Dactylispa*, *Atta*, *Acromyrmex*, *Megachile*. Los insectos que comúnmente atacan raíces suelen ser grillos, termitas, hemípteros y larvas de coleópteros, lepidópteros y dípteros. Dentro de este grupo destacan

especies como *Diaprepes famelicus*, *Neochavesia caldasiae* y *Pheidole megacephala*, y géneros como *Dismicoccus*, *Quesada*, *Carineta*, *Fidicinoides*, *Solenopsis*, *Acropyga* y *Gonocephalum*. Pero sin duda, las plagas más graves son las que afectan a los frutos. La broca del café, causada por *Hypothenemus hampei*, es la más dañina (WALLER et al., 2007; citado en Rojo, 2014, p. 124).

2.1.10. Cosecha y pos cosecha

2.1.10.1. Por la vía seca

Cosecha

Se debe cosechar cerezas maduras, sin destruir las yemas de los nudos fructíferos y sin causar defoliación, evitando que los frutos cosechados entren en contacto con el suelo. Al acopiar el café se lo debe hacer sobre lonas o tendales, evitando el contacto con el suelo y por un periodo no mayor a 3 horas, tampoco se debe exponer al sol, evitar la presencia de animales domésticos, así como la contaminación con agroquímicos, bacterias y hongos (INIAP, 2014g, p. 1).

Secado

Se lo debe hacer hasta llegar a un rango de 10 a 13 % de humedad. Para esto se usan tendales de cemento, de madera, secadores solares (marquesinas) o secadores artificiales (gas, luz, etc.). Siguiendo este proceso se obtiene el denominado café “bola seca”, que puede ser almacenado en sacos de yute en lugares con temperaturas menores a los 20 °C y con una humedad relativa entre el 65-70%, si no se lo almacena se elimina la cobertura o envoltura dando como resultado un café denominado natural. (INIAP, 2014g, p. 1).

2.1.10.2. Por la vía húmeda o cafés lavados

Proceso de transformación del café cereza maduro al denominado pergamino húmedo, este proceso involucra acciones conocidas como boyado, despulpado, fermentación y lavado. Luego de secado se lo conoce como café pergamino seco, y posterior a su trillado adquiere el nombre de café lavado.

Boyado

Separa las cerezas maduras de los palos, hojas, frutos vanos, frutos secos o cualquier otra materia extraña. Se utiliza un recipiente limpio con 2/3 de capacidad de agua también limpia, en este se

introducen las cerezas cosechadas, se agitan y utilizando un tamiz se retira todos los cuerpos que flotan (INIAP, 2014h, p. 1).

Despulpado

Se desprende la cascara de las cerezas y una parte de la pulpa que las rodea, con ayuda de máquinas llamadas despulpadoras calibradas de acuerdo al tamaño del fruto, se recomienda despulpar el mismo día de la cosecha. A las cerezas despulpadas se las denomina café despulpado o “café baba”, las cuales se procede a realizar la fermentación (INIAP, 2014h, p. 1).

Fermentación natural

Las cerezas despulpadas conservan su mucílago, por lo que se debe remover utilizando varios métodos como: fermentación natural, fermentación con enzimas, métodos químicos, agua caliente y por fricción. En la fermentación natural entran en acción enzimas presentes en el propio mucílago, luego microorganismos del ambiente crecen y forman enzimas pépticas, con lo que se produce la fermentación. De acuerdo a la temperatura el café arábigo se fermenta entre 20 y 27 horas. En este proceso se recomienda evitar la sobre fermentación, porque causa manchas en la cubierta del fruto y disminuye su calidad física y organoléptica, al igual que una fermentación incompleta. Para determinar si está completa la fermentación se usan técnicas como: introducir un palo en medio de la masa que se está fermentando, si al sacar el palo el agujero creado no se desmorona, significa que está en el punto óptimo de fermentación (INIAP, 2014h, p. 2).

Lavado

El café fermentando tiene que ser lavado lo más pronto posible, para eliminar el mucilago fermentado. Se recomienda: usar agua limpia y lavar fuertemente. Este café fermentado y lavado se lo conoce como café pergamino húmedo (INIAP, 2014h, p. 2).

Secado

El café pergamino húmedo tiene que reducir la humedad a un valor entre el 10 y 13%, si el secado se lo hace con luz natural requiere de 40 a 50 horas. Los granos se esparcen formando capas delgadas de 5 centímetros las cuales se tiene que remover 3 o 4 veces al día. Los lugares de secado deben ser limpios libres de contaminantes como agroquímicos, humo, polvo, etc., y por las noches se debe cubrir con lonas. Evitar que se rehumedezcan para evitar el ataque de hongos, estos microorganismos deterioran la calidad física y organoléptica (INIAP, 2014h, p. 2).

Trillado

El grano se trilla luego del ser secado, para eliminar el pergamino seco y la película plateada que lo recubren. Este grano sin dicho recubrimiento se lo conoce como CAFÉ LAVADO (INIAP, 2014h, p. 2).

2.1.11. Costos de producción

El INIAP (2014h, p. 3) menciona que los costos de producción estimados para el cultivo de café arábica para 10 años serían de 25915,20 USD por hectárea plantada en un sistema agroforestal; aquí se deben tomar en cuenta algunos datos importantes como son: plantas de café, 4100; colinos de plátano, 280; plantas de guabo, 80; abono orgánico, 3600 kg los dos primeros años; aplicación de urea, MAC (18-46-0) y muriato de potasio todos los años; control de malezas (herbicidas: Ranger, Glifocor), control fitosanitario (fungicida cúprico, cal agrícola y adherente, fijador) y podas del cafeto anuales; finalmente, se menciona que la recolección de café cereza se empezaría a partir del tercer año.

2.2. Sustrato

Es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, al colocarse en un contenedor, en forma pura o en mezcla con otro material, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando un papel de soporte para esta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Infoagro, 2012, párr. 2).

2.2.1. Propiedades de los sustratos de cultivo

2.2.1.1. Propiedades físicas

Porosidad: Este es el volumen total del medio en el que no se desplazan las partículas sólidas, por lo que un cierto porcentaje está ocupado por aire o agua. Incluso si se puede utilizar ventajosamente un sustrato menos poroso en determinadas condiciones, su valor óptimo debería ser de al menos 80-85%, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato es el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta (Infoagro, 2012, párr. 4).

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado. El equilibrio aire/agua se representa gráficamente mediante las curvas de humectación. Se parte de un volumen unitario saturado de agua y en el eje de ordenadas se representa en porcentaje el volumen del material sólido más el volumen de porosidad útil (Infoagro, 2012, párr. 5).

El equilibrio entre el aire y el agua se representa gráficamente mediante las curvas de humectación. Se parte de un volumen unitario saturado de agua y en el eje de ordenadas se representa en porcentaje el volumen del material sólido más el volumen de porosidad útil. Se les somete a presiones de succión crecientes, expresadas en centímetros de columnas de agua, que se van anotando en el eje de abscisas. A cada succión corresponderá una extracción de agua cuyo volumen es reemplazado por el equivalente de aire. De modo que a un valor de abscisas corresponde una ordenada de valor igual al volumen del material sólido más el volumen de aire. El volumen restante hasta el 100 % corresponde al agua que aún retiene el sustrato (EAC, 2020, p. 1).

Densidad: La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente. La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7-01) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (Infoagro, 2012, párr. 6).

Estructura: Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (EAC, 2020, p. 1).

Granulometría: El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (Infoagro, 2012, párr. 7).

2.2.1.2. Propiedades químicas

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza (Infoagro, 2012, párr. 10).

2.2.1.3. Propiedades biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido (EAC, 2020, p. 1).

2.2.2. Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. (Infoagro, 2012, párr. 12).

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

2.2.2.1. Propiedades físicas

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio) (Infoagro, 2012, párr. 13).

2.2.2.2. *Propiedades químicas*

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición (Infoagro, 2012, párr. 14).

b) Otras propiedades:

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (Infoagro, 2012, párr. 15).

2.2.3. *Tipos de sustratos*

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc. (EAC, 2020, p. 1).

2.2.3.1. *Según sus propiedades*

- Sustratos químicamente inertes. Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- Sustratos químicamente activos. Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización. almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (EAC, 2020, p. 1).

2.2.3.2. *Según el origen de los materiales*

Materiales orgánicos:

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.) (Infoagro, 2012, párr. 17).

Materiales inorgánicos o minerales:

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.) (Infoagro, 2012, párr. 18).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo por lo que se tomaron datos y se realizaron análisis estadísticos para determinar los factores que produjeron mejores resultados en el desarrollo de las plantas en estudio.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación se aplicó a niveles: descriptivos, por lo que buscó medir con precisión los resultados estadísticos encontrados; correlacionales, puesto que se usaron dos factores en estudio; y explicativos, debido a que se buscó explicar los resultados obtenidos.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Según la manipulación o no de la variable independiente

Es un diseño experimental donde se utilizó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con estructura factorial 4x3 con dos repeticiones.

3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

Se trata de una investigación longitudinal donde se analizaron las variables de altura, diámetro y número de hojas en relación a los factores en estudio durante 90 días a partir de la germinación del sujeto de estudio.

3.3.3. Factores en estudio

3.3.3.1. Factor A (tratamiento pre-germinativo)

Tabla 1-3: Descripción de los tratamientos pre-germinativos

A1	Agua a temperatura normal por 24 horas
A2	Agua caliente por dos minutos
A3	Semillas sin tratamiento

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

3.3.3.2. Factor B (sustrato)

Tabla 2-3: Formación de los sustratos

B1	Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)
B2	Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%)
B3	Tierra negra (50%) + Arena (50%)
B4	Arena de rio (100%)

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

3.3.4. Tratamientos en estudio

Los tratamientos para evaluar resultan de la combinación de los factores en estudio (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Descripción y códigos de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T1	A1B1	Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)
T2	A2B1	Agua caliente por dos minutos; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)
T3	A3B1	Semillas sin tratamiento; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)
T4	A1B2	Agua a temperatura normal por 24 horas; Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%)
T5	A2B2	Agua caliente por dos minutos; Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%)

T6	A3B2	Semillas sin tratamiento; Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%)
T7	A1B3	Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (50%) + Arena (50%)
T8	A2B3	Agua caliente por dos minutos; Tierra negra (50%) + Arena (50%)
T9	A3B3	Semillas sin tratamiento; Tierra negra (50%) + Arena (50%)
T10	A1B4	Agua a temperatura normal por 24 horas; Arena de rio (100%)
T11	A2B4	Agua caliente por dos minutos; Arena de rio (100%)
T12	A3B4	Semillas sin tratamiento; Arena de rio (100%)

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

3.3.5. Unidad experimental

La investigación consistió en 12 tratamientos con 2 repeticiones, donde se ubicaron 24 unidades experimentales. El tamaño de la unidad experimental fue de 25 semillas, haciendo un total de 50 semillas por tratamiento. En total la investigación requirió de 600 semillas.

Tabla 4-3: Diseño de bloques completo al azar (DBCA)

Repetición	Tratamientos											
Bloque 1	T8	T2	T4	T5	T6	T3	T1	T7	T12	T10	T11	T9
Bloque 2	T2	T4	T7	T1	T3	T5	T8	T6	T10	T12	T9	T11

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

3.4. Tipo de estudio

La investigación consistió en un estudio de campo donde se analizaron resultados reales mediante la experimentación de diferentes factores sobre las variables de un sujeto de estudio el cual fue la especie *Coffea arabica* L. (Café).

3.5. Población y Planificación

3.5.1. Material Biológico

Se obtuvieron 600 semillas de café (*Coffea arabica*) de la propiedad de Sr. Lombardo Chávez, ubicado en la ciudad de Pallatanga, provincia de Chimborazo.

3.5.2. Obtención y limpieza de las semillas

- Las semillas se recolectaron en la propiedad del Sr. Lombardo Chávez, ubicado en la ciudad de Pallatanga, provincia de Chimborazo.
- Luego se le quitó la cáscara y la pulpa del fruto.
- Se lavó y se dejó reposar por un día, para luego sembrarlas.

3.5.3. Desinfección de las semillas y los sustratos

- Se procedió a desinfectar las semillas utilizando VITAVAX 300 WP (carboxim+ thiram), 12 gr por kilogramo de semilla, de acción sistémico, diseñado para el control de hongos patógenos en semillas; con ayuda de la regadera.
- Con la misma preparación del VITAVAX se desinfectaron los sustratos, mezclándolos y dejándolos reposar por 3 horas.

3.5.4. Preparación de los sustratos

Los sustratos fueron elegidos para crear distintas condiciones que se creía que ayudarían en la germinación y posterior emergencia de las semillas de café, así como en su desarrollo después de la emergencia. Los sustratos fueron preparados como se describe en la Tabla 2-3, organizando las relaciones en base a la cantidad de palas empleadas de cada elemento del sustrato.

3.5.5. Cumplimiento del primer objetivo

Para la evaluación de la emergencia de las semillas de *Coffea arabica* L. (Café) se procedió a:

- Dividir las semillas en tres grupos de 200 semillas cada uno.
- Se aplicó a cada grupo de semillas los tratamientos pre-germinativos seleccionados: 24 horas en agua a temperatura normal, sumergimiento de la semilla en agua caliente (posterior al punto de ebullición) durante 2 minutos y un tratamiento testigo de semillas sin tratamiento pre-germinativo, respectivamente.
- Se separó 50 semillas de cada grupo de tratamiento pre-germinativo y se formó 12 subgrupos (para formar los tratamientos).
- Se construyó la cama semillera con dimensiones de 1 m de ancho, por 2,5 m de largo y 0,3 m de alto; y dividirla en cuatro espacios para colocar los sustratos previamente preparados (ANEXO B), con un espesor de 20 cm; adicional se acondicionó unas patas para levantar la

cama del suelo y una barrera de plástico transparente que permita pasar los rayos del sol durante el día y que conserve el calor interno por las noches.

- Se sembraron tres subgrupos de cada uno de los tratamientos pre-germinativos en los cuatro sustratos, teniendo 150 semillas por cada sustrato.
- Se regó dos o tres veces por semana, dependiendo del requerimiento del sustrato, en la mañana o en la tarde con la regadera.
- Se contaron las plántulas que emergieron en cada uno de los sustratos a los 60 días de haberse sembrado las semillas.
- Se calculó el porcentaje de germinación de cada tratamiento en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de germinacion} = \frac{\text{número plántulas emergidas}}{\text{número de semillas sembradas}} * 100$$

- Se ordenaron los datos en una tabla de Excel para su posterior análisis de varianza.

3.5.6. Cumplimiento del segundo objetivo

Para evaluar el efecto de los tratamientos en el desarrollo de plántulas de *Coffea arabica* L. (Café), se procedió a:

- Enfundar los sustratos en fundas de 4x6 cm de forma manual, compactándolas bien para no dejar cámaras de aire.
- Se trasplantaron las plántulas emergidas de cada uno de los tratamientos (después de la toma de los datos para el porcentaje de emergencia) y se separaron a la mitad las cantidades, debido a su bajo porcentaje de emergencia presentado, para distribuir las en las dos repeticiones (Tablas 3-3 y 4-3).
- Se llevó un registro del desarrollo de altura, diámetro a la altura del cuello y número de hojas de las plántulas a los 30, 60 y 90 días, después de su trasplante a las fundas.
- Para la altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice utilizando un flexómetro, (unidad en centímetros).
- Para el diámetro a la altura del cuello de la planta (a un cm del suelo) se utilizó el pie de rey (unidad en centímetros), tomando el valor a un centímetro sobre la superficie del sustrato.
- Para el número de hojas se llevó a cabo un conteo manual de número de hojas en cada una de las plántulas.
- Se ordenaron los datos en una tabla de Excel, se promediaron los valores por cada repetición y se calcularon las velocidades de crecimiento, tanto para la altura como para el diámetro y

número de hojas, para su posterior análisis de varianza. La fórmula usada es la siguiente (Altamirano et al., 2014. p. 243):

$$\text{Velocidad de crecimiento} = \frac{\text{Valor2} - \text{Valor1}}{T}$$

Donde:

Valor2 = Valor final del período de análisis

Valor1 = Valor inicial del período de análisis

T= Tiempo transcurrido en el período de análisis

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Caracterización del lugar

3.6.1.1. Localización

El trabajo de investigación se llevó a cabo en un vivero temporal ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo; localizado en las calles Av. Antonio José de Sucre y pasaje Diego Noboa.

MAPA DE UBICACIÓN VIVERO



Escala gráfica: 1: 1500
 Sistema de coordenadas proyectadas: UTM
 Zona 17 Sur
 Datum: WGS84
 Elaborado por: Jimmy Arias



Ilustración 1-3. Mapa de ubicación del vivero temporal

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

El material vegetal de semillas de café (*Coffea arabica*) fue recolectado en el cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo.

MAPA DE UBICACIÓN LUGAR DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS DE CAFÉ

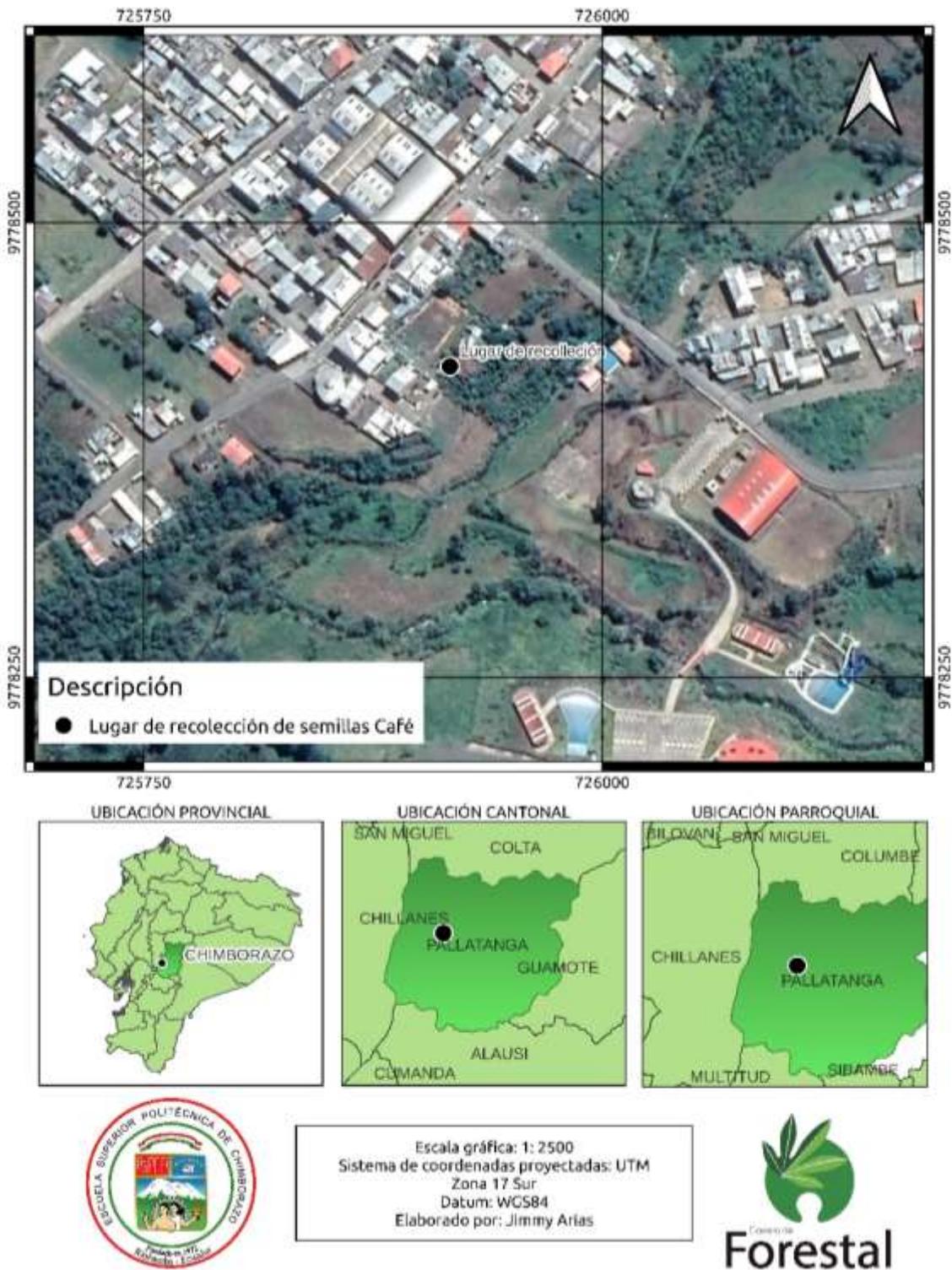


Ilustración 2-3. Mapa de ubicación del lugar de recolección

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

3.6.1.2. Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas y altitud del lugar de recolección de las semillas:

Altitud: 1491 m s.n.m.
Latitud: 2°00'09,4284" S
Longitud: 78°58' 08,1689" O

Coordenadas geográficas y altitud del vivero temporal:

Altitud: 2768 m. s.n.m.
Latitud: 1°39'23,2992" S
Longitud: 78°38'41,6616" O

3.6.1.3. Características climáticas

Las características climáticas de la ciudad de Riobamba son:

Temperatura media: 13,4 °C
Precipitación media anual: 727,4 mm/año
Humedad relativa: 73 % (Tiupul y Arévalo, 2021, pp. 4-10).

3.6.2. Materiales y equipos

3.6.2.1. Materiales de campo

Libreta de campo, lápiz, tablero, letreros, sustratos preparados de manera manual de acuerdo con los tratamientos, fundas semilleras de 4x6 cm, plástico para invernadero, regadera, pala, marcadores, vitavax para desinfección.

3.6.2.2. Equipos informáticos

Cámara fotográfica Canon EOS 4000D, computador HP, GPS Garmin map 64sx, Software: Microsoft Word, Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 25.0, ArcGis 10.1.

3.6.3. Análisis funcional

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con ayuda del programa estadístico IBM SPSS Statistics 25.0, para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos pre-germinativos, sustratos y sus intersecciones, en caso de encontrar diferencias se aplicó la

prueba de separación de medias de Tukey al 5% y así averiguar cuál tratamiento obtuvo los mejores resultados.

La diferencia se basa en la presencia de significancia (Sig.) por debajo del 0,05, si existieran valores por encima del 0,05 no se procede a realizar la prueba de Tukey, porque no habría una diferencia estadísticamente significativa para decir que los factores o tratamientos en estudio sean mejores unos de otros.

El programa estadístico IBM SPSS Statistics 25.0 genera tablas de la prueba de Tukey donde se clasifican los factores analizados de manera que los separa en subconjuntos dependiendo de su nivel de diferencia entre los datos, teniendo que el valor del subconjunto más alto (mientras no se repita en ninguno de los otros subconjuntos) será el que tenga mayor diferencia significativa y por ende sea el que cuyos resultados son mejores a los de los otros factores o tratamientos.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Porcentaje de emergencia

La Tabla 1-4 nos muestra los porcentajes de emergencia a los 60 días desde la siembra teniendo que el mayor valor fue el de T1 (A1B1: Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)) con 26 %, mientras que los tratamientos T9 (A3B3: Semillas sin tratamiento; Tierra negra (50%) + Arena (50%)) y T12 (A3B4: Semillas sin tratamiento; Arena de rio (100%)) tuvieron solo el 10 % de emergencia de plántulas.

Tabla 1-4: Porcentaje de emergencia de plántulas

Sustratos	T. pre-germinativos		
	A1	A2	A3
B1= Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)	26,00	20,00	14,00
B2= Arena (50%)+ Tierra negra (25%) + Cascarilla (25%)	22,00	16,00	12,00
B3= Tierra negra (50%) + Arena (50%)	20,00	16,00	10,00
B4= Arena de rio (100%)	16,00	12,00	10,00

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

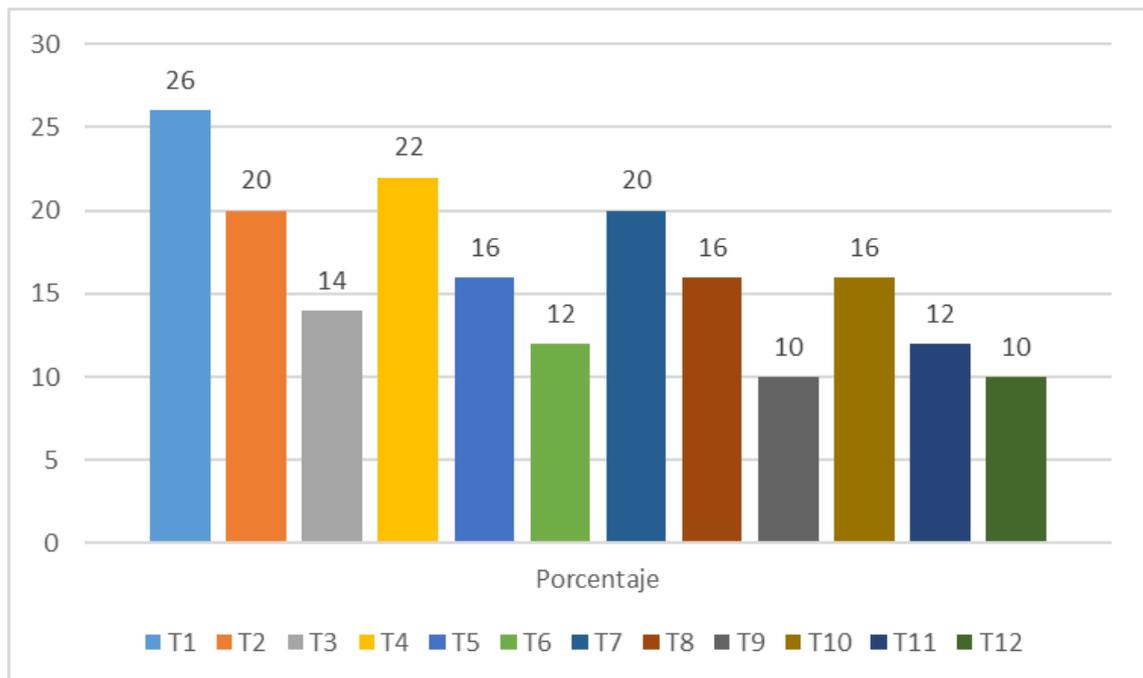


Ilustración 1-4. Porcentaje de emergencia de plántulas por tratamiento

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

Los porcentajes de emergencia de plántulas presentados en esta investigación muestran ser muy inferiores a otros estudios como el de Valarezo (2020, p. 37), que tiene porcentajes de germinación que van desde 55,56 hasta 87,67 %, teniendo una diferencia de alrededor del 30 % con su valor más bajo y de 60 % con el más alto.

Otro aspecto un poco diferente con los resultados de Valarezo (2020, p. 38) fue en los valores de los “días transcurridos desde la siembra hasta que se pudo observar más del 50 % de las semillas en estado de fosforito” (plántula en estado de emergencia), que fueron desde 35 a 48 días; mientras que en este trabajo de investigación empezaron a aparecer plántulas desde los 51 días de siembra, pero nunca se llegó al 50 % de presencia de plántulas. Pero dichos valores concuerdan con los de Duicela et al. (2004, p. 20), que dice que el estado de fosforito puede ir desde los 45 a los 60 días desde la siembra.

Dichas discrepancias se pueden deber principalmente a la diferencia con el estrato altitudinal y la temperatura, siendo los propios del estudio de Valarezo (2020, pp. 18-19): 5 m s.n.m y 25 °C, respectivamente; mientras que los de la ciudad de Riobamba son: 2768 m. s.n.m. y 13,4 °C. Estas diferencias pudieron detener el poder germinativo de la mayoría de las semillas, así como retrasar ligeramente los tiempos de emergencia evidenciados en este estudio.

4.1.1. ANOVA del porcentaje de emergencia de plántulas

El análisis de varianza de los porcentajes de emergencia de plántulas muestra la presencia de significancia (Sig.) menor del 0,05 (Tabla 2-4), tanto para los tratamientos pre-germinativos (Factor A) aplicados y los sustratos (Factor B) analizados, como para la intersección de ambos factores (Tratamientos); por lo que se procedió a realizar las pruebas de Tukey correspondientes.

Tabla 2-4: ANOVA del porcentaje de emergencia de plántulas

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	6824,000 ^a	12	568,667	284,333	,000
FactorA	361,333	2	180,667	90,333	,000
FactorB	167,333	3	55,778	27,889	,000
FactorA * FactorB	551,333	11	50,121	25,061	,000
Error	24,000	12	2,000		
Total	6848,000	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.1.1.1. Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, % de emergencia

La Tabla 3-4 nos muestra que las diferencias entre los factores A se divide en tres subconjuntos y nos dice que el factor A1, tratamiento pre-germinativo consistente en Agua a temperatura normal por 24 horas, es estadísticamente más significativa con un 21 % de emergencia de plantas.

Tabla 3-4: Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, % de emergencia

Tratamiento pre-germinativo	N	Subconjunto		
		1	2	3
A3	8	11,50		
A2	8		16,00	
A1	8			21,00
Sig.		1,000	1,000	1,000

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.1.1.2. Prueba de Tukey de los sustratos, % de emergencia

La Tabla 4-4 nos dice que el factor B1, sustrato consistente en Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%), es estadísticamente más significativa con 20 % de emergencia de plantas, mientras que el B4 (Arena de río (100%)) fue el que tuvo un menor porcentaje de emergencia solo con 12,67 %.

Tabla 4-4: Prueba de Tukey de los sustratos, % de emergencia

Sustrato	N	Subconjunto		
		1	2	3
B4	6	12,67		
B3	6		15,33	
B2	6		16,67	
B1	6			20,00
Sig.		1,000	,398	1,000

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

Los resultados de los sustratos difieren con los del INIAP (2014b, p. 2) que dice que el mejor suelo para la germinación y posterior emergencia del café es uno a base de arena de río pura, mientras que el sustrato B1 (Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)) fue el que permitió el mayor porcentaje de emergencia visto en esta investigación.

4.1.1.3. Prueba de Tukey de los tratamientos, % de emergencia

La Tabla 5-4 nos dice que el tratamiento T1, consistente en Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%), es estadísticamente más significativa, mientras que los tratamientos T9 (Semillas sin tratamiento; Tierra negra (50%) + Arena (50%)) y T12 (Semillas sin tratamiento; Arena de río (100%)) fueron los menos significantes.

Tabla 5-4: Prueba de Tukey de los tratamientos, % de emergencia

Tratamiento	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
T9	2	10,00				
T12	2	10,00				
T6	2	12,00	12,00			
T11	2	12,00	12,00			
T3	2	14,00	14,00			
T5	2		16,00	16,00		
T8	2		16,00	16,00		
T10	2		16,00	16,00		
T2	2			20,00	20,00	
T7	2			20,00	20,00	
T4	2				22,00	22,00
T1	2					26,00
Sig.		,275	,275	,275	,939	,275

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.2. Velocidad de crecimiento de la altura (cm)

4.2.1. ANOVA de la velocidad de crecimiento de la altura de los 30 a 60 días

La Tabla 6-4 indica que existen diferencias significativas tanto para los Factores A como los B y los Tratamientos (Interacción FactorA*FactorB) en cuanto a la velocidad de crecimiento de la altura de los 30 a 60 días, por lo que se procedió a realizar las pruebas de Tukey pertinentes para cada variable.

Tabla 6-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento en altura de los 30 a 60 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	,014 ^a	12	,001	13,253	,000
FactorA	,001	2	,001	6,729	,011
FactorB	,002	3	,001	8,732	,002
FactorA * FactorB	,014	12	,001	13,253	,000
Error	,001	12	8,597E-5		
Total	,015	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.2.1.1. Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, altura, 30 a 60 días

La Tabla 7-4 muestra que el tratamiento pre-germinativo A1 (Agua a temperatura normal por 24 horas) tiene una mayor diferencia estadísticamente significativa, es decir el tratamiento pre-germinativo A1 permitió que las plantas crecieran más rápido, con una velocidad de crecimiento promedio de 0,028 cm/día.

Tabla 7-4: Prueba de Tukey de los tratamientos pre-germinativos, 30 a 60 días

Tratamiento pre-germinativo	N	Subconjunto	
		1	2
A3	8	,011875	
A2	8	,015612	
A1	8		,028113
Sig.		,706	1,000

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.2.1.2. Prueba de Tukey de los sustratos, altura, 30 a 60 días

La Tabla 8-4 muestra que el sustrato A1 (Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)) tiene una mayor diferencia estadísticamente significativa, es decir el sustrato B2 permitió que las plantas crecieran más rápido, con una velocidad de crecimiento promedio de 0,033 cm/día.

Tabla 8-4: Prueba de Tukey de los sustratos, 30 a 60 días

Sustrato	N	Subconjunto	
		1	2
B1	6	,006950	
B3	6	,013600	
B4	6	,020450	,020450
B2	6		,033133
Sig.		,107	,137

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.2.1.3. Prueba de Tukey de los tratamientos, altura, 30 a 60 días

La Tabla 9-4 muestra que el tratamiento T4 (Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%)) tiene una mayor diferencia estadísticamente significativa, es decir el tratamiento T4 permitió que las plantas crecieran más rápido, con una velocidad de crecimiento promedio de 0,063 cm/día.

Tabla 9-4: Prueba de Tukey de los tratamientos, 30 a 60 días

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T1	2	,004150	
T8	2	,008300	
T2	2	,008350	
T3	2	,008350	
T6	2	,011100	
T9	2	,012500	
T12	2	,015550	
T7	2	,020000	
T11	2	,020800	
T5	2	,025000	
T10	2	,025000	
T4	2		,063300
Sig.		,549	1,000

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.2.2. ANOVA de la velocidad de crecimiento de la altura de los 60 a 90 días

La Tabla 10-4 indica que no hay diferencias estadísticamente significantes tanto para los tratamientos pre-germinativos como para los sustratos y los tratamientos, en cuanto a la velocidad de crecimiento de la altura de los 60 a 90 días.

Tabla 10-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento en altura de los 60 a 90 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	,012 ^a	12	,001	9,108	,000
FactorA	7,385E-5	2	3,693E-5	,348	,713
FactorB	,001	3	,000	3,414	,053
FactorA * FactorB	,001	6	,000	,975	,482
Error	,001	12	,000		
Total	,013	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

Según datos de Valarezo (2020. p. 46), plantas de café a los 70 días tenían alturas promedio de 16,46 a 18,6 cm, lo que supone velocidades de crecimiento mucho mayores a las encontradas en esta investigación, puesto que, para el día 90 el valor más alto registrado fue de 9,5 cm. Entre los principales factores a los que se puede deber esta diferencia tenemos a la temperatura ambiental, que, al igual que durante la germinación, trunca el desarrollo de las plantas, como dicen Rawson y Gómez (2001. párr. 2): “a medida que descende la temperatura el desarrollo se hace más lento. Si las temperaturas son lo suficientemente bajas como para llegar a helar, puede producirse un daño severo en los tejidos jóvenes”.

4.3. Velocidad de crecimiento del diámetro del cuello (cm)

4.3.1. ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 30 a 60 días

La Tabla 11-4 indica que no hay diferencias estadísticamente significantes tanto para los tratamientos pre-germinativos como para los sustratos y los tratamientos, en cuanto a la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 30 a 60 días.

Tabla 11-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello, 30 a 60 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	3,214E-5 ^a	12	2,678E-6	2,906	,038
FactorA	2,258E-7	2	1,129E-7	,123	,886
FactorB	3,815E-6	3	1,272E-6	1,380	,296
FactorA * FactorB	4,497E-6	6	7,496E-7	,813	,580
Error	1,106E-5	12	9,217E-7		
Total	4,320E-5	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.3.2. ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 60 a 90 días

La Tabla 12-4 indica que no hay diferencias estadísticamente significantes tanto para los tratamientos pre-germinativos como para los sustratos y los tratamientos, en cuanto a la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello de los 60 a 90 días.

Tabla 12-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento del diámetro del cuello, 60 a 90 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	2,686E-5 ^a	12	2,238E-6	4,974	,005
FactorA	1,718E-6	2	8,588E-7	1,908	,191
FactorB	1,243E-6	3	4,144E-7	,921	,460
FactorA * FactorB	6,559E-6	6	1,093E-6	2,429	,090
Error	5,400E-6	12	4,500E-7		
Total	3,226E-5	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

Encalada et al. (2018. pp. 73-76) en su estudio de *Coffea arabica* en vivero dicen que, midiendo el diámetro del tallo a dos centímetros desde la base de la raíz, obtuvo un valor promedio de 0,386 cm de diámetro a los 231 días, suponiendo que no haya una gran diferencia con un valor a un centímetro desde la base de la raíz, los datos podrían ser muy cercanos a los registrados en la presente investigación, en la que se tiene un diámetro promedio de 0,47 cm, a un cm de la base de la raíz.

4.4. Velocidad de crecimiento del número de hojas

4.4.1. ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 30 a 60 días

La Tabla 13-4 indica que no hay diferencias estadísticamente significantes tanto para los tratamientos pre-germinativos como para los sustratos y los tratamientos, en cuanto a la velocidad de crecimiento del diámetro del número de hojas de los 30 a 60 días.

Tabla 13-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 30 a 60 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	,087 ^a	12	,007	2,426	,069
FactorA	,008	2	,004	1,271	,316
FactorB	,004	3	,001	,477	,704
FactorA * FactorB	,004	6	,001	,245	,952
Error	,036	12	,003		
Total	,123	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

4.4.2. ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 60 a 90 días

La Tabla 14-4 indica que no hay diferencias estadísticamente significantes tanto para los tratamientos pre-germinativos como para los sustratos y los tratamientos, en cuanto a la velocidad de crecimiento del diámetro del número de hojas de los 60 a 90 días.

Tabla 14-4: ANOVA de la velocidad de crecimiento del número de hojas de los 60 a 90 días

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	,036 ^a	12	,003	1,440	,269
FactorA	,015	2	,008	3,753	,054
FactorB	,002	3	,001	,351	,790
FactorA * FactorB	,011	6	,002	,858	,551
Error	,025	12	,002		
Total	,060	24			

Realizado por: Arias, Jimmy, 2023.

Valarezo (2020. p. 48), en su estudio menciona que para el día 70 ya contaba con promedios de números de hojas por encima de 14, mientras que en la presente investigación el valor máximo registrado fue de solo 8 hojas, esto también se pudo deber a la baja temperatura ambiental presente en la ciudad de Riobamba, principalmente en las noches, que redujo la velocidad de crecimiento de la planta.

CONCLUSIONES

- Los porcentajes de emergencia fueron muy bajos, apenas alcanzando un máximo del 26 %, por lo que se concluye que los tratamientos aplicados no se recomiendan para la propagación de *Coffea arabica* en la zona de la ciudad de Riobamba.
- No existen diferencias significativas entre la mayoría de tratamientos en las distintas variables analizadas, excepto en la velocidad de crecimiento de la altura de las plantas en el lapso de tiempo de los 30 a 60 días después de la emergencia, donde el Tratamiento T4, conformado por Agua a temperatura normal por 24 horas; Tierra negra (25%) + Arena (25%) + Cascarilla (50%), resulta ser el más apto para el crecimiento de plantas de café los primeros 60 días, en la zona de estudio.
- La emergencia y el crecimiento de las plantas de *Coffea arabica* se vio altamente disminuida por las bajas temperaturas ambientales de la ciudad de Riobamba.

RECOMENDACIONES

- Probar la reproducción sexual de *Coffea arabica* en un ambiente controlado, simulando las condiciones óptimas para su correcto desarrollo y así poder determinar el nivel de afectación de las condiciones ambientales de la ciudad de Riobamba sobre la reproducción y desarrollo del café.
- Analizar otros tratamientos pre-germinativos, sustratos y combinaciones, así como otras especies o distintas variedades de café, para conseguir mejores niveles de emergencia y crecimiento en zonas con mayor altitud.

BIBLIOGRAFÍA

ALTAMIRANO, N.; et al. “La evaluación del crecimiento”. *Acta Pediátr Mex* [En línea], 2014, (México) 35(1), pp. 238-248. [Consulta: 03 marzo 2022]. ISSN: 2395-8235. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/apm/v35n3/v35n3a10.pdf>.

DETHLEFSEN; & BALK. (s.f.). *Planta, variedades y zonas de cultivo* [En línea]. Hamburgo-Alemania. 2017. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://www.dethlefsen-balk.de/ESP/10889/Kaffeepflanze.html>.

DUICELA, L.; et al. *Crianza de plántulas de café en el vivero*. Quevedo-Ecuador. INIAP, 2004. pp. 18-30.

EAC. *Sustratos* [En línea]. 2020. pp. 1-9. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/03/SUSTRATOS.pdf>.

ECURED. *Cafeto arábigo*. Ecuador. 2002. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Cafeto_ar%C3%A1bigo#Caracter.C3.ADsticas.

ENCALADA, M.; et al. “Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes”. *Bosques Latitud Cero* [En línea], 2018, (Ecuador) 8(1), pp. 70-84. [Consulta: 03 marzo 2022]. ISSN: 2528-7818. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/414/350/1295>.

GREMIOS, G. *Cultivo de café arábigo* [En línea]. Ecuador. 2016. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <https://agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/101-cultivo-de-cafe-arabigo>.

INFOAGRO. *Tipos de sustratos de cultivo. 2ª parte* [En línea]. 2012. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm.

INIAP. *Café arábigo* [En línea]. Ecuador. 2014a. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea>.

INIAP. *Vivero. Café arábigo. Establecimiento del vivero* [En línea]. Ecuador. 2014b. pp. 1-3. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafea/establecimientovivero1.pdf>.

INIAP. *Vivero. Café arábigo. Nutrición del vivero* [En línea]. Ecuador. 2014c. p. 1. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/nutricionvivero1.pdf>.

INIAP. *Vivero. Café arábigo. Manejo Fitosanitario en vivero* [En línea]. Ecuador. 2014d. pp. 1-6. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/fitovivero1.pdf>.

INIAP. *Establecimiento del cultivo. Café arábigo. Preparación del terreno* [En línea]. Ecuador. 2014e. pp. 1-3. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/preparacion.pdf>.

INIAP. *Establecimiento del cultivo. Café arábigo. Siembra* [En línea]. Ecuador. 2014f. p. 1. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/siembra.pdf>.

INIAP. *Cosecha y Poscosecha. Café arábigo. Beneficio del café por la vía seca* [En línea]. Ecuador. 2014g. pp. 1-2. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/beneficioviaseca.pdf>.

INIAP. *Costos de producción. Café arábigo* [En línea]. Ecuador. 2014h. p. 1. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cafe/costoscafe.pdf>.

MARTÍNEZ, R. Diagnóstico de sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en San Juan Metaltepec Mixe, Oaxaca (Tesis) (Ingeniería). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, División de Ingeniería. Saltillo-México. 2010. pp. 7-14.

NESTLE. *De dónde viene el café y otras curiosidades sobre este fruto* [En línea]. España. 2017. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://www.bonka.es/amor-por-el-cafe/de-donde-viene-el-cafe>.

POZO, M. Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011 (Disertación) (Economista). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía. Quito-Ecuador. 2014. p. 44.

RAWSON, H.; & GÓMEZ, H. *Trigo regado* [En línea]. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. [Consulta: 03 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s08.htm>.

RIKOLTO. *Café ecuatoriano, aromatizando la economía nacional*. [En línea]. 2019. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://latinoamerica.rikolto.org/es/project/cafe-ecuatoriano-aromatizando-la-economia-nacional>.

ROJO, E. “Café I (G. Coffea)”. *Reduca (Biología). Serie Botánica* [En línea], 2014, (España) 7 (2), 113-132. [Consulta: 16 junio 2021]. ISSN: 1989-3620. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>.

TIUPUL, P.; & ARÉVALO, M. *Anuario climatológico. Año 2021* [En línea]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Estación Agrometeorológica, 2021. pp. 4-10. [Consulta: 13 febrero 2022]. Disponible en: https://www.espoch.edu.ec/index.php/component/k2/item/download/1495_99dfa39dddb5b04c2db36a729bf3ca27.html.

VALAREZO, N. Evaluación del porcentaje de germinación de cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.) empleando cuatro tratamientos en vivero (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Machala-Ecuador. 2020. pp. 18-38.

ANEXOS

ANEXO A: PLANTA SEMILLERA Y SEMILLAS RECOLECTADAS



ANEXO B: PREPARACIÓN DE LAS CAMAS SEMILLERAS



ANEXO C: LIMPIEZA DE LAS SEMILLAS



ANEXO D: DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO



ANEXO E: COLOCACIÓN DE LAS SEMILLAS



ANEXO F: CONTEO DE EMERGENCIA DE PLÁNTULAS



ANEXO G: EMERGENCIA DE LAS PRIMERAS PLÁNTULAS



ANEXO H: MEDICIÓN DE LAS PRIMERAS PLÁNTULAS



ANEXO I: REPULGUE DE PLANTAS



