



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ  
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**EFFECTO DE BIOESTIMULANTES VEGETALES EN LA  
GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO VEGETATIVO DE DOS  
VARIETADES DE CAFÉ, EN POSORJA, GUAYAS**

**AUTORA  
PINCAY AQUINO STEFANI NAGELY**

**TUTOR  
ING. AMAYA MARQUEZ DARLYN MSC.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**“Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ”**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFFECTO DE BIOESTIMULANTES VEGETALES EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO VEGETATIVO DE DOS VARIEDADES DE CAFÉ, EN POSORJA, GUAYAS**, realizado por la estudiante **PINCAY AQUINO STEFANI NAGELY**; con cédula de identidad N° **0942941022** de la carrera **AGRONOMÍA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Amaya Márquez Darlyn, MSc.

Guayaquil, 28 de abril del 2025



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**“Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ”**  
**CARRERA AGRONOMIA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: EFECTO DE BIOESTIMULANTES VEGETALES EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO VEGETATIVO DE DOS VARIEDADES DE CAFÉ, EN POSORJA, GUAYAS, realizado por la estudiante PINCAY AQUINO STEFANI NAGELY, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Ing. Arnaldo Barreto Macias, M.Sc.  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Albino Ávila Franco, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Amaya Márquez Darlyn, MSc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

Guayaquil, 28 de abril del 2025

**DEDICATORIA**

*A Dios  
y a mis padres*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, quién ha sido mi guía en esta etapa de mi vida, otorgándome sabiduría e inteligencia para alcanzar esta meta.

A mi Mamá por crecer en mí y darme su apoyo incondicional, a mi Papá por enseñarme a enfrentar la vida con coraje, fuerza y valentía, a mis hermanos por animarme a seguir adelante y no dejarme vencer. A los amigos que surgieron en el camino, por su compañía sincera, lealtad y hacer más llevadero cada capítulo vivido y a los docentes que generosamente compartieron su tiempo y conocimiento.

A todos ustedes, gracias por ser pilares esenciales en mi camino, su orientación, consejo y amor han hecho de esto una experiencia invaluable.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo Pincay Aquino Stefani Nagely, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “Efecto De Bioestimulantes Vegetales En La Germinación Y Crecimiento Vegetativo De Dos Variedades De Café, En Posorja, Guayas, para optar el título de Ingeniera Agrónoma, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 1 de mayo del 2025

---

Pincay Aquino Stefani Nagely

**C.I. 0942941022**

## RESUMEN

En Ecuador el cultivo de café representa desarrollo económico, tanto en las zonas productoras como en las familias y localidades, sin embargo, la falta de ejemplares de calidad y búsqueda de alternativas ecológicas en su producción son desafíos que enfrenta el sector, por lo que, esta investigación analizó el efecto de bioestimulantes vegetales sobre el proceso germinativo y crecimiento vegetativo de dos variedades de café (*Coffea arabica* L.). El estudio se desarrolló bajo condiciones de vivero en Posorja, Guayas. Se realizó un diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial AxB, con 8 tratamientos y 5 repeticiones. Se implementó un sistema de camas germinadoras donde se midió el porcentaje y tiempo de germinación, en respuesta a la aplicación del estimulante vegetal (extracto de lenteja, agua de coco y *Aloe vera*), 70 días después de la siembra se trasplantó a fundas. Los resultados fueron analizados con la prueba de Tukey al 5%. Tras 50 días de trasplante se evaluaron las variables de: longitud radicular (cm), peso fresco radicular (gr), altura (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas; el mejor tratamiento en porcentaje de germinación fue T3 (*Aloe vera* + *Typica*) con un 90% y T2 (agua de coco + *Typica*) con 84%, sin embargo, el tratamiento que permitió un desarrollo vegetativo superior fue T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*), superando a los demás tratamientos evaluados. El análisis económico determinó al tratamiento con bioestimulante a base de extracto de lenteja condicionalmente viable al mostrar la mayor relación costo-beneficio con 1.13 en ambas variedades, estableciendo una rentabilidad equilibrada en la propagación de plántulas con extractos vegetales en viveros.

**Palabras clave:** *agua de coco, desarrollo vegetativo, extracto de lenteja, producción ecológica, sábila*

## ABSTRACT

In Ecuador, coffee cultivation represents economic development, both in the producing areas and in the families and localities, however, the lack of quality specimens and the search for ecological alternatives in its production are challenges faced by the sector, therefore, this research analyzed the effect of plant bio-stimulants on the germinative process and vegetative growth of two varieties of coffee (*Coffea arabica* L.). This project was carried out under nursery conditions in Posorja, Guayas. A randomized complete block design with AxB factorial arrangement was used, with 8 treatments and 5 replications. A system of germination beds was implemented where the percentage and time of germination was measured in response to the application of the plant stimulant (lentil extract, coconut water and *Aloe vera*), 70 days after sowing and transplanting to covers. Results were analyzed with Tukey's test at 5%. After 50 days of transplanting, the following variables were evaluated: root length (cm), root fresh weight (gr), height (cm), stem diameter (mm) and number of leaves; the best treatment in germination percentage was T3 (*Aloe vera* + *Typica*) with 90% and T2 (coconut water + *Typica*) with 84%; however, the treatment that allowed a superior vegetative development was T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*), surpassing the other treatments evaluated. The economic analysis determined that the treatment with bio-stimulant based on lentil extract was conditionally viable because it showed the highest cost-benefit ratio with 1.13 in both varieties, establishing a balanced profitability in the propagation of seedlings with plant extracts in nurseries.

**Keywords:** coconut water, vegetative development, lentil extract, ecological production, *Aloe vera*

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes del problema .....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema .....	2
1.2.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Justificación de la investigación .....	2
1.4 Delimitación de la investigación .....	3
1.5 Objetivo general.....	3
1.6 Objetivos específicos .....	3
1.7 Hipótesis o idea a defender .....	3
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Estado del arte .....	4
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	7
2.2.1 Generalidades del café.....	7
2.2.2 Taxonomía.....	8
2.2.3 Morfología.....	9
2.2.3.1. Raíces.....	9
2.2.3.2. Tallo. ....	9
2.2.3.3. Follaje. ....	9
2.2.3.4. Inflorescencia. ....	9
2.2.3.5. Fruto. ....	9
2.2.3.6. Semilla. ....	10
2.2.4 Condiciones ambientales.....	10
2.2.5 Especies y variedades .....	10
2.2.5.1. Variedades a utilizar en la investigación.....	11
2.2.5.1.1. Coffea arabica L.....	11
2.2.5.1.2. Coffea arabica var. Typica. ....	11
2.2.5.1.3. Coffea arabica var. Sarchimor.....	11
2.2.6 Germinación .....	12
2.2.7 Bioestimulantes de origen vegetal .....	12

2.2.7.1. Extracto de lenteja. ....	13
2.2.7.2. Agua de coco. ....	13
2.2.7.3. Gel de Aloe vera. ....	13
2.2.8 Productos que contienen hormonas (HCP).....	14
2.2.8.1. Auxinas. ....	14
2.2.8.2. Giberelinas. ....	14
2.2.8.3. Citoquininas. ....	15
2.2.8.4. Brasinoesteroides. ....	15
2.3 Marco legal .....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Enfoque de la investigación .....	18
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación .....	18
3.1.1.1. Investigación experimental. ....	18
3.1.1.2. Investigación descriptiva. ....	18
3.1.1.3. Investigación de campo.....	18
3.1.2 Diseño de investigación .....	18
3.2 Metodología.....	18
3.2.1 Variables .....	18
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i> .....	18
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i> .....	19
3.2.1.2.1. Tiempo de germinación (días).....	19
3.2.1.2.2. Porcentaje de germinación (%). ....	19
3.2.1.2.3. Longitud radicular (cm). ....	19
3.2.1.2.4. Peso radicular (gr). ....	19
3.2.1.2.5. Altura de la parte aérea (cm).....	19
3.2.1.2.6. Diámetro del tallo (mm). ....	20
3.2.1.2.7. Número de hojas (n). ....	20
3.2.1.2.8. Análisis económico. ....	20
3.2.2 Tratamientos.....	21
3.2.3 Diseño experimental .....	22
3.2.3.1. Esquema de análisis de varianza ANDEVA. ....	22
3.2.3.2. Delimitación experimental. ....	23
3.2.4 Recolección de datos .....	23

3.2.4.1. Recursos .....	23
3.2.5 Métodos y técnicas .....	24
3.2.5.1. Manejo del estudio. ....	25
3.2.6 Análisis estadístico .....	26
3.2.6.1. Hipótesis estadística. ....	26
4. RESULTADOS .....	27
4.1 Respuesta germinativa de dos variedades de café con la aplicación de diferentes bioestimulantes de origen vegetal .....	27
4.1.1 Variable: Tiempo (días) y porcentaje (%) de germinación.....	27
4.2 Efecto de los bioestimulantes de origen vegetal en el desarrollo vegetativo de las dos variedades de café durante su crecimiento inicial. ....	28
4.2.1 Longitud radicular (cm) .....	28
4.2.2 Interacción entre factores AB para longitud radicular (cm).....	29
4.2.3 Peso radicular (gr) .....	30
4.2.4 Interacción entre factores AB para peso radicular (gr) .....	31
4.2.5 Altura de la parte aérea (cm) .....	32
4.2.6 Interacción entre factores AB para altura de la parte aérea (cm) .....	33
4.2.7 Diámetro del tallo (mm).....	34
4.2.8 Interacción entre factores AB para el diámetro del tallo (mm).....	35
4.2.9 Número de hojas (n) .....	36
4.2.10 Interacción entre factores AB en el número de hojas (n) .....	37
4.3 Análisis económico mediante la relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio. ....	38
5. DISCUSIÓN.....	39
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
6.1 Conclusiones .....	42
6.2 Recomendaciones .....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
APÉNDICES .....	50
ANEXOS.....	52

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Factores de estudio.....	21
Tabla 2. Tratamientos. ....	22
Tabla 3. Diseño de análisis de varianza. ....	22
Tabla 4. Diseño experimental.....	23
Tabla 5. Tiempo y porcentaje de germinación.....	27
Tabla 6. Longitud radicular (cm).....	28
Tabla 7. Interacción AB en la longitud radicular (cm). ....	29
Tabla 8. Peso fresco radicular (gr) .....	30
Tabla 9. Interacción AB en el peso fresco radicular (gr). ....	31
Tabla 10. Altura de la parte aérea (cm).....	32
Tabla 11. Interacción AB altura de la parte aérea (cm). ....	33
Tabla 12. Diámetro del tallo (mm) .....	34
Tabla 13. Interacción AB diámetro del tallo (mm).....	35
Tabla 14. Número de hojas (n).....	36
Tabla 15. Interacción AB número de hojas (n). ....	37

## **INDICE DE APÉNDICES**

Apéndice 1. Análisis económico de los tratamientos a 1ha de producción. ....	50
--	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa referencial del lugar del ensayo .....	52
Figura 2. Diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial.....	52
Figura 3. Variable de tiempo y porcentaje de germinación de las variedades .....	53
Figura 4. InfoStat de la variable: Longitud radicular (cm) .....	54
Figura 5. InfoStat de la variable: peso radicular (gr) .....	55
Figura 6. Infostat de la variable: altura (cm) .....	56
Figura 7. InfoStat de la variable: diámetro del tallo (mm) .....	57
Figura 8. InfoStat de la variable: número de hojas (n) .....	58
Figura 9. Histograma de variable: longitud radicular (cm) .....	59
Figura 10. Histograma de la variable: peso fresco radicular (gr) .....	59
Figura 11. Histograma de la variable: altura de la parte aérea (cm) .....	60
Figura 12. Histograma de la variable: diámetro del tallo (cm).....	60
Figura 13. Histograma de la variable: número de hojas (n) .....	61
Figura 14. Preparación del sustrato y camas germinadoras.....	61
Figura 15. Siembra de variedades de café arábigo. ....	62
Figura 16. Preparación del bioestimulante a base de lenteja .....	62
Figura 17. Preparación del bioestimulante a base de gel de Aloe vera .....	63
Figura 18. Extracción del agua de coco, bioestimulante vegetal .....	63
Figura 19. Primera aplicación 10 días después de la siembra.....	64
Figura 20. Segunda aplicación 20 días después de la siembra.....	64
Figura 21. Tercera aplicación 30 días después de la siembra.....	65
Figura 22. Tratamientos de estudio periodo de germinación .....	65
Figura 23. Germinación T3, 60 días desde la siembra .....	66
Figura 24. Conteo de semillas emergidas 60 días tras la siembra.....	66
Figura 25. Preparación del sustrato para llenado de fundas .....	67
Figura 26. Relleno de fundas .....	67
Figura 27. Trasplante de las plántulas .....	68
Figura 28. Distribución de los bloques según el diseño experimental.....	68
Figura 29. Establecimiento del área experimental de estudio.....	69
Figura 30. Toma de datos de la variable: longitud radicular (cm) .....	69
Figura 31. Toma de datos de la variable: peso fresco radicular (gr) .....	70
Figura 32. Toma de datos de la variable; altura de la parte aérea (cm).....	70
Figura 33. Toma de datos de la variable: diámetro del tallo (mm) .....	71

Figura 34. Toma de datos de la variable: número de hojas (n).....	71
Figura 35. Manejo manual de malezas .....	72
Figura 36. Videollamada con tutor: orientación y guía del estudio.....	72
Figura 37. Videollamada con tutor: demostración de los mejores tratamiento .....	73
Figura 38. Tratamiento 6, r5.....	73
Figura 39. Tratamiento 3, r4.....	74
Figura 40. Tratamiento 7, r3.....	74
Figura 41. Tratamiento 5, r1 .....	75
Figura 42. Tratamiento 2, r2.....	75
Figura 43. Tratamiento 7, r4.....	76
Figura 44. Estimación del crecimiento vegetativo inicial de las plántulas .....	76
Figura 45. Análisis macro y micro nutrientes de sustrato .....	77

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes del problema

El café (*Coffea arabica* L.) es originario de Etiopía, donde crece naturalmente a altitudes de 1000 y 2000 metros sobre el nivel del mar, y temperaturas que oscilan entre 10 a 20 °C. Las diversas variedades y especies de cafeto prosperan y se adaptan bien a las condiciones tropicales (Leal García, 2021).

El proceso de producción del café, incluye la siembra, el manejo, la cosecha y el procesamiento de los granos. Su calidad y sabor dependerá en gran medida de cómo se cultiva y procesa. Por lo tanto, los productores de café suelen prestar mucha atención a cada fase del proceso del cultivo para garantizar la producción de granos de alta calidad.

Alrededor de la década de 1830, la producción de café en Ecuador comenzó en la provincia de Manabí con el cultivo de una variedad de café arábigo (*Coffea arabica* L.). La especie robusta se introdujo en la década de 1950 y se propagó rápidamente en las zonas tropicales húmedas de la costa para la década de 1970 (Chele Campozano, 2022).

El cultivo del café en Ecuador es esencial para la economía local y familiar en las zonas productoras, ya que genera ingresos que ayudan al desarrollo económico. El país cultiva más de 350000 hectáreas de café, con un 68% destinado a *Coffea arabica* L. y un 32% a *Coffea canephora* (Mendoza Baez, 2020).

La disminución de los niveles de producción, es causada por la baja productividad, cafetales envejecidos, reducción del área de cultivo y uso de semillas de origen desconocido, lo que representa un desafío importante para el sector cafetero ecuatoriano. Las exportaciones han disminuido como resultado de esto, para mejorar la producción y productividad del café, es fundamental renovar y expandir las áreas de cultivo utilizando material genético de alta calidad (Cargua Chávez et al., 2022).

El manejo del cultivo de café adecuado comienza en el vivero. La germinación de las semillas requiere un sustrato adecuado, que varía según la variedad y los cuidados recibidos. Para garantizar un trasplante exitoso al campo, es esencial asegurarse de que las plantas estén vigorosas y saludables, libres de plagas y enfermedades (Valarezo Rivera, 2020).

Un bioestimulante se establece como cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, mejora su capacidad de absorción y asimilación de

nutrientes, aumenta su tolerancia al estrés biótico y abiótico, además de mejorar sus características agronómicas. Aunque no brinda directamente nutrientes, aumenta significativamente los rendimientos de los cultivos, dado que estimula y fortalece las plantas desde la germinación hasta la fructificación (Valverde Lucio et al., 2020).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### ***1.2.1 Planteamiento del problema***

En Ecuador, el cultivo de café es una actividad agrícola de gran importancia económica, social, cultural y además turística, que contribuye positivamente en el capital nacional mediante la generación de ingresos, empleos y divisas a través de las exportaciones. Sin embargo, los cafetales enfrentan desafíos de estrés abiótico, dada las oscilaciones de temperatura debido al cambio climático, la erosión del suelo y la compactación, que reduce la infiltración del agua, exacerbando los problemas de estrés hídrico y debilitando las plántulas, además la sobreexplotación el uso inadecuado de fertilizantes químicos han llevado a la pérdida de nutrientes esenciales, afectando negativamente la capacidad de la plantas de café para germinar y crecer vigorosamente en sus primeras etapas. Estos factores se relacionan con la fase de germinación, el tiempo de emisión y el vigor presente en las futuras plantas, además, estos mismos pueden influir significativamente en los rendimientos y la calidad del café cosechado.

### ***1.2.2 Formulación del problema***

¿Con la aplicación de diferentes bioestimulantes de origen vegetal se logrará optimizar el porcentaje de germinación de semillas y crecimiento vegetativo de dos variedades de café arábigo?

## **1.3 Justificación de la investigación**

Dado que el éxito en la germinación de las semillas es fundamental para establecer plantaciones saludables y productivas, entender cómo los bioestimulantes de origen vegetal pueden influir en este proceso inicial de desarrollo y crecimiento es decisivo, por ende, este estudio proporcionará información valiosa y actualizada para los caficultores, permitiéndoles obtener o producir plántulas vigorosas para sus cultivos, que garanticen vigor, calidad y optimicen los rendimientos por hectárea. Además, contribuiría al desarrollo de estrategias sostenibles para la producción del cultivo de café, al explorar

alternativas que mejoren la calidad y productividad sin el uso de fertilizantes químicos.

De la misma manera, la investigación podrá tener un impacto positivo en la rentabilidad de los productores y en la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen del cultivo de café como fuente de sustento económico.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** El estudio se realizará en la parroquia Posorja, cantón Guayaquil, provincia del Guayas. En las siguientes coordenadas: Zona 17, hemisferio: S, X: 582810, Y: 900160
- **Tiempo:** Se desarrollará del presente proyecto se realizará en un lapso de seis meses.
- **Población:** El proyecto comprende el estudio de dos variedades de café arábigo, con impacto de interés para los productores cafeteros, viveros, estudiantes y demás ciudadanos interesados en la producción de plántulas de café.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar el efecto de bioestimulantes vegetales en la germinación y crecimiento vegetativo de dos variedades de café en la parroquia Posorja, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Determinar la respuesta germinativa de las semillas de café con la aplicación de los bioestimulantes de origen vegetal.
- Establecer el efecto de los bioestimulantes de origen vegetal en el desarrollo vegetativo de las dos variedades de café durante su crecimiento inicial.
- Realizar un análisis económico mediante la relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio.

#### **1.7 Hipótesis o idea a defender**

Al menos uno de los bioestimulantes de origen vegetal utilizados en la fase inicial de dos variedades de café arábigo mejorará significativamente el porcentaje de germinación y promoverá el desarrollo de plantas más vigorosas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

La investigación de Cruces Torres (2021) examinó cuatro enraizantes naturales, como el agua de coco, extracto de lentejas, agua de ramas de sauce y mucílago de sábila, a fin de evaluar su efecto sobre la germinación, enraizamiento y el crecimiento inicial de las plantas de *Persea americana* (variedad Topa Topa). Se empleó un DCA, con 5 tratamientos en base a los enraizantes, 5 repeticiones y 25 unidades experimentales. De la misma manera, el análisis estadístico se realizó mediante ANVA y la prueba de Tukey, tras el estudio los resultados demostraron que el extracto de lenteja tuvo el mayor impacto en la germinación de las semillas de palta, logrando un 80 % de germinación en 30 días. El mucílago de sábila, el agua de ramas de sauce y el agua de coco, por otro lado, mostraron efectos limitantes o retardadores de la germinación (67%, 61% y 49%, respectivamente). Asimismo, superó significativamente a los otros tratamientos en términos de número de raíces y altura de las plántulas a los 60 y 90 días. Así, en comparación con otros enraizantes naturales utilizados, los extractos de lentejas y sauce aumentaron el diámetro de los tallos. Dado los resultados se establece como el enraizante más efectivo al extracto de lenteja porque aumentó la cantidad de raicillas por plántula y la longitud.

Asimismo, Garbanzo León et al. (2021) investigadores de la UCR, Costa Rica, examinaron el efecto de diferentes tamaños de cladodios y soluciones naturales en el crecimiento y desarrollo de raíces, brotes. El estudio se realizó en dos fases: en la primera, se utilizaron cladodios de 40 cm con tres soluciones naturales (agua de coco, agua de pipa y extracto de lentejas) a concentraciones de 150, 300 y 600 ml.L-1. En la segunda fase, se evaluó el impacto de los tamaños de cladodios que variaban entre 20 y 110 cm. Se optó por sembrar los cladodios en bolsas de vivero de 2 L durante 60 días, y se midieron el largo y ancho de los brotes, la longitud y número de raíces, además, el peso seco y fresco de las raíces, así como la medida alométrica "LxA". Tras el estudio los investigadores establecieron que, la solución de agua de coco a 300 y 600 ml.L-1 produjo brotes que fueron 8 cm más largos que los del grupo de control, mientras que el agua de pipa a 300 ml.L-1 mostró el mayor peso seco y fresco de las raíces. Además, se observó que los cladodios más grandes favorecieron una mayor brotación. Se concluye que los cladodios con un área de 400 cm<sup>2</sup> en LxA (> 60 cm) garantizan el mejor desarrollo

de la semilla asexual, mientras que aquellos con un área de 200 a 400 cm<sup>2</sup> ( $\approx$  30 - 60 cm) son de calidad media.

Alvarado Aguayo y Munzón Quintana (2019), exploraron la acción de diferentes enraizantes y sustratos en la reproducción asexual y desarrollo de plántulas de ficus (*Ficus benjamina*), estudio que se desarrolló en la Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo. Donde los investigadores utilizaron un DCA con arreglo bifactorial 2x4, con 4 repeticiones, y evaluaron las siguientes variables: prendimiento, vigor de plantas, emisión de brotes, longitud de raíces y peso de raíces; en el cual se emplearon varios tratamientos con sustratos a base de arena de río, hojarasca de cacao y tierra amarilla, donde se evaluaron la efectividad de diversas combinaciones de gel de *aloe* y agua de coco, como enraizantes de origen vegetal, en relación a un bioestimulante comercial a base de ácido naftalacético (ANA). Tras el análisis, los investigadores establecieron que el mejor tratamiento para enraizamiento y propagación fue A2B3, cuyo porcentaje de prendimiento alcanzó 54,17% y 1,95 brotes, superando a la hormona comercial, que llegó a un prendimiento de 41,67% y 1,15 brotes. Con lo cual se concluye que, la combinación de tierra amarilla y cascarilla de arroz como sustratos, más el gel de sábila como enraizante natural, constituyen una alternativa sostenible a la hormona comercial para la propagación de esquejes de ficus en viveros.

Mientras García Cid et al. (2024), investigadores de la UAEH, en México, exploraron la eficiencia de enraizantes naturales como alternativas ecológicas a los enraizantes sintéticos. Se presentó un enfoque principal en enraizantes naturales a base de sábila y lenteja en la producción de jitomate, buscaron mejorar el desarrollo radicular, además de, obtener plántulas vigorosas para un trasplante exitoso. Tras el estudio, se expone que los enraizantes naturales, especialmente el tratamiento E15% y Es15%, presentaron efectos significativos en las variables como: el número de prendimientos, la longitud de la raíz y la altura de la planta. Tras el análisis, los investigadores establecen que estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar enraizantes naturales a base de sábila y lenteja como una alternativa económica y ecológica para mejorar la propagación y desarrollo de plantas de jitomate.

Asimismo, Tucuch Haas et al. (2022) investigaron el efecto del gel de sábila en la germinación, desarrollo de raíz y vástago en plántulas de *Capsicum chinense* (variedad Mayapan) en el ITSSY bajo condiciones de invernadero. Se empleó un

DCA con cinco tratamientos (0, 2.5, 5, 10 y 20% de gel de sábila) y 15 repeticiones, las variables de estudio fueron emergencia, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz, biomasa fresca y seca, se analizaron los resultados mediante la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ). Los investigadores realizaron la imbibición de las semillas en las soluciones de sábila en diferentes concentraciones durante 24 horas, tras el análisis de los resultados se mostró que la concentración del 5% del gel de *Aloe vera* obtuvo los mejores resultados, ya que aceleró la emergencia de las semillas y logró mejorar el desarrollo radicular en un 18%, además incrementó la altura de la planta y la biomasa fresca. También se observó un aumento del 11% en el diámetro del tallo y del 13% en el número de hojas, en contraste a los demás tratamientos de estudio. Se concluye, que el uso del gel de sábila al 5% potencializa la germinación y el desarrollo de las plantas y además es una alternativa económicamente viable en la producción de chile habanero en Yucatán.

Por otra parte, Baličević et al. (2018) estudiaron el efecto alelopático del gel de *Aloe vera* (L.) sobre la germinación y crecimiento de semillas de plántulas de cultivos herbáceos y hortalizas (cebada, trigo, soya, calabaza aceitera, achicoria, rúcula y lechuga), desarrollaron soluciones del gel de *Aloe vera* en diversas concentraciones (2,4,6,8 y 10%) con el fin de establecer la concentración idónea al objetivo de la investigación, debido a las propiedades antioxidantes, antibacterianas y antivirales del *Aloe vera*, mismas que pueden proporcionar efectos positivos como negativos sobre las especies vegetales. Tras el análisis de los resultados, exponen que el gel de *Aloe vera* en concentraciones mayores al 2% presentaron mayor porcentaje de germinación sobre la especie de calabaza aceitera, mientras que en la especie de cebada y lechuga el porcentaje se redujo considerablemente, asimismo, se observó la reducción del 19.6% de germinación de malezas con la aplicación del tratamiento de mayor concentración, al 10%, en la variable de longitud de raíz, la solución al 4% obtuvo un promedio del 29.3% al 49.9% en todos los tratamientos, en la concentración al 6% se presentó un promedio del 37.4% al 41.6%, sin embargo en las plántula de rúcula y lechuga, se registró una reducción en la longitud de raíz. Mientras que la solución al 10% obtuvo un promedio del 24.9% al 28.3% en la longitud de raíces en la cebada y la soya, por debajo de las otras especies. Con lo cual, se concluye que la propiedad alelopática del gel de *Aloe vera* depende en función a la concentración que se aplique, además se debe

considerar la sensibilidad de la especie vegetal estudiada, por lo que se recomienda realizar más estudios sobre su potencial alelopático.

Rodrigues et al. (2020) en su estudio analizó el impacto de varios potenciadores del enraizamiento en el desarrollo de esquejes de *Bougainvillea* (*Bougainvillea spectabilis Willd*), optó por esquejes semileñosos, se aplicaron los tratamientos mediante inmersión de dos segundos: agua (control), un producto comercial (RADIMAXi 20), agua de coco, extracto de Tiririca y extracto de lenteja. Tras la aplicación, los esquejes fueron plantados en bolsas de polietileno llenas con una mezcla de 50% (sustrato comercial) 50% (arena lavada), bajo una malla de sombra del 50%. Los investigadores establecieron un DCA, con cinco tratamientos y diez repeticiones, bajo un ANOVA y prueba t de Student con un nivel de significancia del 5%. Las evaluaciones de las variables (número de brotes por esqueje, longitud del brote, porcentaje de esquejes enraizados, porcentaje de esquejes vivos sin enraizar, longitud de la raíz y materia fresca - seca de las raíces y brotes) fueron realizadas 45 días después de la instalación del experimento. Dado los resultados, se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el extracto de lenteja fue el más representativo, logrando el mayor número de brotes, el mayor porcentaje de esquejes enraizados y esquejes vivos sin enraizar. Asimismo, el tratamiento con agua de coco destacó por obtener la mayor longitud en los brotes, con lo cual se concluye que, el uso de ambos tratamientos a base de extractos naturales se consideran una alternativa sostenible que promueve la producción vegetativa de las plántulas de *Bougainvillea*.

## **2.2 Bases científicas y teóricas de la temática**

### **2.2.1 Generalidades del café**

El café se originó en África, en múltiples regiones con diversas condiciones geográficas y climáticas. Se clasifica en más de cien especies dentro del género *Coffea*, cada especie exhibe variaciones genéticas significativas, incluyendo el tamaño y la forma de la planta, el color y tamaño de los frutos, la resistencia a enfermedades, la tolerancia a plagas, el sabor del café, la adaptabilidad y la productividad. Solo dos de estas especies, *Coffea arabica* L., y *Coffea canephora* (robusta), se cultivan comercialmente, cada una con varias variedades reconocidas comercialmente (Agr. Rafael A. Velásquez O. y Asociación Nacional del café [Anacafé], 2019).

Debido a su valor comercial, alcanzó los 16500 millones de dólares en 2010, por lo que posee una gran relevancia global. En ese año se produjeron 97 millones de sacos de 60 kg. Se calcula que durante el período cafetero 2010/11, se produjeron 131 millones de sacos (7.8 millones de toneladas) en todo el mundo, mientras que el consumo fue de alrededor de 135 millones de sacos (8.1 millones de toneladas). Alrededor de 70 países producen café, pero en los últimos quince años, tres de ellos han dominado el 55% de la producción global: Brasil (32-34%), Vietnam (12-13%) y Colombia (8-9%) (Figueroa Hernández et al., 2019).

En Ecuador el café es un cultivo de gran relevancia económica, con 199215 hectáreas cultivadas, predominantemente de las especies *Coffea arabica* L., (68%) y *Coffea canephora* (32%). Se distribuyen en 23 provincias del país, el café arábigo, de alta calidad, se concentra en Manabí, Loja y las estribaciones de la Cordillera Occidental, mientras que el robusta se encuentra mayormente en la Amazonía, en Sucumbíos y Orellana. Económicamente, el café genera empleo para 105000 familias productoras y está vinculado a otras 700000 familias en actividades como comercialización, industrialización, transporte y exportación. Ecológicamente, los cafetales muestran una notable adaptabilidad a los diversos agroecosistemas de las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos (Venegas Sánchez et al., 2018).

Al presente, Ecuador cuenta con 145000 hectáreas dedicadas al cultivo de café arábigo. El 61.17% de estas plantaciones se ubican en el litoral, destacándose la provincia de Manabí con el 24.25%. En la sierra, el café cubre el 30.77% del total, siendo Loja el mayor productor con una contribución del 13.90%. En la Amazonía, el cultivo abarca el 6.67%, de las cuales el 2.14% proviene específicamente de Zamora Chinchipe. La Región Insular aporta apenas el 0.04% (Piloza Mantuano et al., 2022).

### **2.2.2 Taxonomía**

La clasificación taxonómica según (Gallardo Ignacio et al., 2022) es:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Gentianales

**Familia:** Rubiaceae

**Tribu:** Coffeae

**Género:** Coffea

**Especie:** *Coffea arabica* L.

### **2.2.3 Morfología**

#### **2.2.3.1. Raíces.**

La raíz del cafeto se presenta de forma cónica y, si las condiciones del suelo lo permiten, puede profundizar hasta un metro. Las raicillas o pelos absorbentes crecen lateralmente, y se establecen como las raíces más fuertes y vigorosas. Con el 94% de las raíces en el primer pie de profundidad del suelo, el sistema radicular del café se clasifica como superficial. Asimismo, las raíces laterales, cuya longitud coincide con la de las ramas, pueden extenderse hasta un metro lejos del tronco (Palacios, 2020).

#### **2.2.3.2. Tallo.**

El cafeto goza de un tronco recto con ramas primarias, secundarias y terciarias. En los nudos del tallo se encuentran yemas que dan lugar a ramas principales, chupones (de donde crecen tallos secundarios) y yemas que dan lugar a flores y frutos (Equipo Mundo Cafeto, 2023).

#### **2.2.3.3. Follaje.**

Según la variedad de café arábigo, el tallo principal de una planta de café posee entre 3 y 20 ramas. Las hojas se distinguen por su color verde oscuro que crecen en pares, esenciales para la fotosíntesis, dado que la planta de café no puede sobrevivir ni producir cerezas de calidad en granos si no posee un buen follaje (Tyulmal, 2020).

#### **2.2.3.4. Inflorescencia.**

Poseen siete etapas de desarrollo, comienzan como capullos verdes en racimos que luego se vuelven blancos y alargados antes de llegar a la etapa de vela justo antes de florecer, los cafetos florecen en dos a tres meses y empiezan a florecer entre tres y cuatro años. Las plantas arábicas pueden autopolinizarse, mientras que las plantas robustas necesitan polinización cruzada, asimismo, las flores de robusta son más grandes y numerosas que en otras variedades (Cafés Mama Same, 2022).

#### **2.2.3.5. Fruto.**

El fruto del café también conocido como cereza, es una drupa pequeña, redonda u ovalada, inicialmente es verde y se vuelve roja después de alrededor un año de maduración luego de la floración, algunas variedades pueden tener drupas

amarillas. Los granos, que suelen ser dos por cada cereza, están dentro de la drupa, que es rica en azúcares necesarios para la fermentación del café (Incapto, 2022).

#### **2.2.3.6. Semilla.**

En el cafeto la semilla se conforma del embrión, el endospermo y recubierto por el perisperma. Aunque las semillas varían según la variedad, generalmente presentan un surco en el centro, son alargadas y brevemente ovaladas, su tamaño promedio es de 10 mm de largo y 6 mm de ancho (SeHablaCafè, 2019).

#### **2.2.4 Condiciones ambientales**

El café crece principalmente en climas cálidos y húmedos, así como en climas subhúmedos, a altitudes que oscilan entre los 600 y 2000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias que van desde los 17°C hasta los 25°C. Temperaturas superiores a los 25°C puede inferir en la eficiencia del uso del agua, afectar la calidad física y química de los frutos, y provocar la caída de flores. Asimismo, el rango óptimo de precipitación oscila entre 1600 y 1800 mm anuales, con un mínimo de 1000 mm y un máximo de 3000 mm (López Carmona et al., 2021).

#### **2.2.5 Especies y variedades**

El café integra la familia Rubiaceae, una de las mayores familias de plantas con flores, se clasifica como un arbusto. Se originó de una hibridación natural entre *Coffea eugenoides* y *Coffea canephora*, dando lugar al genoma actual de *Coffea arabica* L. Hasta 2011, los cafetos eran agrupados en el género *Coffea*, estrechamente relacionados con el género *Psilanthus* dentro de la familia Rubiaceae, distinguiéndose por la morfología de sus flores y su distribución geográfica. Esto subraya la importancia de profundizar en el conocimiento del cultivo del café para fomentar su desarrollo tanto en términos productivos como genéticos (Enríquez et al., 2020).

La selección de variedades de *Coffea arabica* L., comenzó hace ya tres siglos con dos tipos principales: Typica y Bourbon. Mismas que presentan una base genética relativamente baja en polimorfismo, según estudios de diversidad genética que emplean marcadores moleculares. Así, se expone una baja variabilidad genética. Si embargo, a raíz de estas se han desarrollado variedades por mutaciones naturales, selección o por la implementación de técnicas de mejoramiento genético. Actualmente las variedades más cultivadas a nivel mundial

son Caturra (mutación de Bourbon), Catuaí (Caturra x Mundo Novo) y Mundo Novo (Bourbon x Typica), dado a comportamiento agronómico homogéneo (Julca Otiniano et al., 2023).

### **2.2.5.1. Variedades a utilizar en la investigación.**

#### **2.2.5.1.1. *Coffea arabica* L.**

La especie *Coffea arabica* L., la única especie tetraploide y autocompatible dentro del género *Coffea*, exhibe una notable diversidad genética en su lugar de origen, Etiopía. Sin embargo, en América Latina, las variedades de esta especie se caracterizan por una marcada uniformidad genética, resultado de su origen restringido y de una alta tasa de autopolinización que alcanza casi el 90% (Moreno Ruiz, 2004).

El café arábico constituye aproximadamente del 75 al 80% de la producción global de café, además ha dominado la exportación y consumo mundial entre 2006 y 2015. Las plantas de café arábica crecen densamente y forman arbustos pequeños. En comparación con el café robusta, las plantas de café arábica tienen raíces más profundas, lo que les permite resistir mejor a periodos de sequía (Firman Muharam, 2022).

#### **2.2.5.1.2. *Coffea arabica* var. *Typica*.**

Se estima que esta variedad es producto de una mutación natural de la especie *Coffea arabica* L., se distingue por su adaptabilidad al medio, presenta buena morfología en altura y frondosidad al ostentar hojas de gran tamaño, su floración es abundante y sus frutos de un rojo intenso, que son altamente valorados a nivel mundial por su sabor, aroma y acidez equilibrada. Actualmente su producción es relativamente baja debido a la implementación de nuevas variedades más productivas y resistentes a enfermedades, sin embargo, sigue siendo elegida por caficultores y consumidores gracias a la excepcional calidad de sus granos (Julca Otiniano et al., 2023).

#### **2.2.5.1.3. *Coffea arabica* var. *Sarchimor*.**

El café arábigo Sarchimor, se funda como cruce del Híbrido de Timor CIFIC 832/2 con la variedad Villa Sarchí, a partir de este, surgieron progenies que dieron origen a variedades con características estables. En Ecuador, se introdujeron en 1985 las líneas Sarchimor C-1669 y Sarchimor C-4260, demostraron buena adaptación, especialmente en las zonas secas de Manabí, El Oro y Loja. Los Sarchimor morfológicamente presentan tamaño bajo, brotes verdes y vigorosos,

abundante floración y frutos de color rojo intenso. Asimismo, presenta alta productividad y buena adaptabilidad a altitudes bajas y medias. Se destacan por su alta resistencia a la roya y bajo porcentaje de granos vanos (Ayón Villao et al., 2023).

### **2.2.6 Germinación**

Es el proceso en el cual un embrión dentro de una semilla pasa de estar inactivo a activo, esto sucede cuando las enzimas digestivas despiertan las reservas de la semilla, puesto que se dan las condiciones óptimas de temperatura y humedad. La absorción de agua por la semilla desencadena cambios metabólicos como la respiración y la movilización de reservas, llevando a la ruptura de las cubiertas de la semilla por la emergencia de la radícula. Para que la germinación sea exitosa, todas las plantas requieren condiciones esenciales como temperatura, agua, oxígeno y sales minerales (Instituto Nacional Tecnológico [INATEC], 2017).

Asimismo, la calidad fisiológica se constituye como la capacidad de la semilla para germinar, emerger y desarrollar plantas vigorosas y uniformes, cualidades fundamentales que brindan información crucial a los productores de semillas y plántulas de café sobre las características de germinación y vigor de cada cultivar (Vidal Tejeda et al., 2023).

### **2.2.7 Bioestimulantes de origen vegetal**

Un bioestimulante es una sustancia orgánica derivada de materiales vegetales, como extractos de algas marinas, entre otros. Estos productos contienen una alta concentración de aminoácidos beneficiosos y una proporción equilibrada de nutrientes adaptada a las necesidades específicas de las plantas (Barreto Macias et al., 2023).

Un bioestimulante mejora la productividad de las plantas al proporcionarles nutrientes esenciales, hormonas vegetales, reguladores de crecimiento o compuestos protectores. Estos productos se utilizan para aumentar el aprovechamiento de nutrientes y ayudar a las plantas a resistir el estrés abiótico, mientras mejoran atributos de calidad como el rendimiento y la nutrición (Sandhu et al., 2018).

En los últimos años, la industria de bioestimulantes vegetales ha experimentado un crecimiento significativo, estos productos se presentan en diversas formulaciones y se clasifican principalmente en tres categorías: sustancias

húmicas (HS), productos que contienen hormonas (HCP) y productos que contienen aminoácidos (AAP) (Sandhu et al., 2018).

#### **2.2.7.1. Extracto de lenteja.**

Las lentejas (*Lens culinaris* L.), que pertenecen a la familia de las leguminosas, son un cultivo fundamental en muchas dietas tradicionales globales. Estas semillas poseen abundantes macro y micronutrientes vegetales, vitaminas, aminoácidos y antioxidantes, además de una alta concentración de auxinas, una fitohormona que regula el crecimiento de las plantas y promueve principalmente la elongación celular (Sanchez Condori, 2023).

El extracto de lenteja es ampliamente reconocido y empleado como enraizante. Dado que, durante su proceso de germinación, producen fitohormonas que poseen una alta concentración de AIA, que favorecen la elongación celular, y estas pueden ser transferidas a otras semillas (Cruces Torres, 2021).

#### **2.2.7.2. Agua de coco.**

El agua de coco (*Cocos nucifera* L.), contenida en el fruto, regula los procesos vegetales relacionados con la conservación y maduración del fruto. Así, dado a su elevado contenido de AIA, AIB, giberelinas y citoquininas como la zeatina, dentro del campo de la biotecnología su acción en cultivos in vitro ha demostrado facilitar el desarrollo celular, convirtiéndose en un sustituto de las citoquininas tradicionales para la promoción del crecimiento de brotes axilares (Alcántara Cortés et al., 2021).

Rica en magnesio y fosfato, contiene reguladores del crecimiento como las citoquininas (1:3-difenil-urea), auxinas (AIA), ácido abscísico (ABA) y giberelinas. El ácido abscísico interviene como inhibidor de la formación de raíces adventicias, mientras que el ácido fosfórico fomenta el desarrollo de las raíces, por otra parte, las auxinas están asociadas al crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la caída de hojas y frutos, además, de la activación de las células del cambium (Taípe Rojas y Esteban Nolberto, 2022).

#### **2.2.7.3. Gel de Aloe vera.**

La sábila (*Aloe vera*) al ser rica en aminoácidos, especialmente ácido glutámico y arginina, así como en lactatos y ácidos orgánicos, materiales hidrofílicos que ayudan a mejorar la hidratación de los tejidos. Es utilizada como enraizante en condiciones de campo, principalmente en plántulas, se aconseja

extraer el gel de las hojas y aplicarlo directamente a la parte vegetativa de la plántula para estimular el enraizamiento (Bailón Pilozo, 2022).

La eficacia del *Aloe vera* como sustituto de reguladores sintéticos en medios de cultivo de tejidos vegetales ha sido comprobada debido a su capacidad para activar, estimular y acelerar la regeneración celular en explantes. Gracias a su composición química, que incluye 12 vitaminas, 20 minerales esenciales, 18 aminoácidos como el ácido glutámico y la arginina, además de polisacáridos, enzimas como oxidasas, catalasas, amilasas y lipasas, y elementos nutritivos como potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre, así como proteínas, ácidos orgánicos y otros minerales esenciales (Pulido Soler y Becerra Abril, 2016).

### **2.2.8 Productos que contienen hormonas (HCP)**

Las fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citocininas, son compuestos sintetizados naturalmente por las plantas, que incluso en concentraciones mínimas pueden influir en el desarrollo celular, facilitando la regulación y el control del crecimiento vegetal. Aunque se ha investigado ampliamente el papel de las fitohormonas en diversos procesos metabólicos relacionados con el crecimiento de las plantas, hoy por hoy la información sobre su aplicación práctica en la agricultura es limitada (Sánchez Mendoza y Bautista Cruz, 2022).

#### **2.2.8.1. Auxinas.**

Las auxinas desempeñan un papel esencial en la coordinación de diversos procesos de comportamiento y crecimiento a lo largo del ciclo de vida de las plantas. Existen tres auxinas naturales conocidas actualmente, destacando el ácido indolacético (AIA), que se produce en los ápices de los tallos, en semillas, hojas jóvenes, flores, frutos y granos de polen (Munguía Rodríguez y Martínez Trujillo, 2018).

A nivel celular favorecen la división y alargamiento de las células, la diferenciación celular, el aumento del contenido osmótico y la permeabilidad celular, además mejora en la producción de proteínas y la reducción de la presión en las paredes celulares. Asimismo, a nivel vegetal contribuye en la formación y el alargamiento de tallos, la generación de raíces adventicias, y el incremento de la dominancia apical (Alcántara Cortes et al., 2019).

#### **2.2.8.2. Giberelinas.**

Las hormonas vegetales son compuestos producidos en cantidades mínimas por las plantas, capaces de provocar cambios metabólicos en las células.

La giberelina promueve el alargamiento celular, estimula la división celular y también induce la germinación de las semillas (Arejano et al., 2022).

Las giberelinas a nivel a nivel celular logran estimular el desarrollo del embrión, ya que se produce internamente durante el mismo proceso. Asimismo, a nivel vegetal estimula el crecimiento de tejidos, promueve el alargamiento de raíces, hojas jóvenes y floración, provoca el alargamiento de segmentos entre nudos, participa en la iniciación floral, es esencial en la fertilidad de plantas tanto masculinas como femenina y facilita la germinación de semillas (Alcántara Cortes et al., 2019).

#### **2.2.8.3. Citoquininas.**

Las citoquininas son hormonas de crecimiento que controlan diversos procesos en la planta, como promover la germinación de las semillas, mitigar el estrés causado por la salinidad, la sequía, los metales pesados y el estrés oxidativo (Carranza et al., 2017).

A nivel vegetal promueve el crecimiento de raíces, dinamiza la senescencia de las hojas, estimula el desarrollo fotomorfogénico y fomenta la formación de brotes axilares en las plantas. Asimismo, participa en los mecanismos de alargamiento y diferenciación de las células, por lo que facilita la proliferación y división celular (Alvarez et al., 2020).

#### **2.2.8.4. Brasinoesteroides.**

Los brasinoesteroides son compuestos naturales que se encuentran en pequeñas cantidades en varias partes de las plantas, como el polen, las hojas, las yemas, las flores y las semillas. Estos compuestos polihidroxifenólicos, de los cuales se conocen más de 45 tipos, presentan una eficaz actividad biológica. Así mismo, influyen en procesos vitales como la germinación, la formación de raíces, la floración, la senescencia, la abscisión y la maduración. Estudios recientes en relación a sus propiedades fisiológicas sugieren que son sustancias prometedoras para la protección de plantas y el aumento de la productividad agrícola (Hernández Silva y García Martínez Ignacio, 2016).

## 2.3 Marco legal

Este estudio de investigación está en concordancia con la Constitución de la República del Ecuador

### Constitución de la República del Ecuador

#### CAPÍTULO SEGUNDO

Derechos del buen vivir

#### SECCIÓN SEGUNDA

Ambiente sano

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p.13)

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (p.13)

#### CAPÍTULO SÉPTIMO

Derechos de la naturaleza

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema. (p.33)

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. (p.33)

**Art. 277.-** Para la consecución del buen vivir, serán deberes generales del Estado:  
1. Garantizar los derechos de las personas, las colectividades y la naturaleza.

6. Promover e impulsar la ciencia, la tecnología, las artes, los saberes ancestrales y en general las actividades de la iniciativa creativa comunitaria, asociativa, cooperativa y privada. (p. 89)

## **CAPÍTULO PRIMERO**

Inclusión y equidad

### **SECCIÓN NOVENA**

Gestión del riesgo

**Art. 389.-** El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. (p. 188)

## **CAPITULO SEGUNDO**

Biodiversidad y recursos naturales

### **SECCIÓN SEGUNDA**

Biodiversidad

**Art. 400.-** El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional.

Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país (Constitución de La República del Ecuador, 2008 [Art. 14,15,71,72,277,389,400], p. 121).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

Este estudio de investigación abarcó un enfoque cualitativo y cuantitativo, puesto que se evaluó el efecto de bioestimulantes de origen vegetal sobre el porcentaje germinativo en semillas de dos variedades de café arábigo (*Coffea arabica* L.), y su pronto crecimiento y desarrollo vegetativo.

##### 3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

###### 3.1.1.1. Investigación experimental.

Este estudio se estableció como investigación experimental dada la manipulación de tres bioestimulantes de origen vegetal (agua de coco, extracto de lenteja y gel de *Aloe vera*) sobre la fase germinativa de semillas de café, en sus dos variedades (var. *Typica* y var. *Sarchimor*).

###### 3.1.1.2. Investigación descriptiva.

Esta investigación se constituyó a describir la respuesta germinativa de las dos variedades de café arábigo, su periodo y porcentaje de germinación con respecto al efecto de la aplicación de cada uno de los bioestimulantes de origen vegetal, además, del continuo desarrollo y crecimiento vegetativo de las plántulas.

###### 3.1.1.3. Investigación de campo.

Este estudio se basó en la estimación de la efectividad progresiva de la aplicación de bioestimulantes vegetales sobre la fase germinativa de dos variedades de café arábigo, donde se observó y comprendió la acción de las fitohormonas a nivel celular y vegetal sobre desarrollo y crecimiento vegetativo de las plántulas de cafeto.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

Se estableció este estudio de carácter experimental bajo condiciones de vivero, donde se probó tres tratamientos a base de soluciones naturales y un testigo en dos variedades de café (*Coffea arabica* L.), lo que permitió evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes de origen vegetal dado su reconocimiento para favorecer el crecimiento y desarrollo de plántulas.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

###### 3.2.1.1. Variable independiente

Bioestimulantes vegetales

Extracto de lenteja

Agua de coco

*Aloe vera*

Variedades de café arábigo

*Coffea arabica* L. (var. *Typica*)

*Coffea arabica* L. (var. *Sarchimor*)

### **3.2.1.2. Variable dependiente**

#### **3.2.1.2.1. Tiempo de germinación (días).**

Se realizaron evaluaciones consecutivas desde los 50 días después de la siembra, con un intervalo de cinco días cada una, con los cual se logró apreciar el proceso germinativo de las semillas de café, en sus dos variedades (var. *Typica* y var. *Sarchimor*), bajo la influencia de los bioestimulantes de origen vegetal aplicados a los 10, 20 y 30 días tras la siembra, con el fin de identificar el tratamiento que preste una mejor respuesta germinativa en las semillas de cada variedad.

#### **3.2.1.2.2. Porcentaje de germinación (%).**

Se evaluó el porcentaje de germinación 70 días después de la siembra, en cada uno de los tratamientos, donde se registró el número total de semillas emergidas en relación a la aplicación de los diferentes bioestimulantes de origen vegetal (extracto de lenteja, agua de coco, gel de *aloe vera*), para identificar el tratamiento que hizo ostensible un mayor porcentaje germinativo.

#### **3.2.1.2.3. Longitud radicular (cm).**

Se evaluaron tres plántulas al azar por cada unidad experimental, se midió la raíz principal 120 días después de la siembra, desde la base del tallo hasta el ápice con la ayuda de una cinta métrica, medida en centímetros.

#### **3.2.1.2.4. Peso radicular (gr).**

Al azar se evaluaron tres plántulas de cada unidad experimental, 120 días después de la siembra, se realizó el proceso de corte de las raíces desde la base del tallo, la medida se tomó en gramos con la ayuda de una balanza digital.

#### **3.2.1.2.5. Altura de la parte aérea (cm).**

Se evaluaron tres plántulas al azar por cada unidad experimental, 120 días después de la siembra, dado el progresivo crecimiento y desarrollo vegetativo se estimó la altura de la parte aérea de la planta, se procedió a medir en centímetros con la ayuda de una cinta métrica.

### **3.2.1.2.6. Diámetro del tallo (mm).**

Se registro el diámetro del tallo de tres plántulas al azar por cada unidad experimental, la toma de datos se realizó 120 días después de la siembra, con la ayuda de un calibrador de precisión, la medición se realizó a un centímetro de altura desde la base del tallo, en milímetros.

### **3.2.1.2.7. Número de hojas (n).**

Se registró 120 días después de la siembra el número de hojas de tres plántulas al azar por cada unidad experimental, se estimaron las principales características visualmente y el conteo de hojas verdaderas.

### **3.2.1.2.8. Análisis económico.**

Se estimó esta variable dado el costo y beneficio en relación al establecimiento del proyecto de investigación, el material biológico y demás insumos, mediante los siguientes parámetros:

#### **Ingreso bruto por tratamiento**

Se obtuvo a través de los ingresos generales por producto, se utilizó la siguiente fórmula:

$$IB = Y \times PY$$

**Dónde:**

**Y** = producto

**PY** = precio del producto

#### **Costos totales por tratamiento**

Se obtuvo de los costos fijos y costos variables de los tratamientos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = Cv + Cf$$

**Dónde:**

**Cv** = costos variables

**Cf** = costos fijos

**Utilidad neta**

Se establecieron los ingresos totales y los gastos generales del estudio, se utilizó la siguiente fórmula:

$$BN = IB - CT$$

**Dónde:**

**IB** = ingreso bruto

**CT** = costos totales

**Relación costo/beneficio**

Se estableció a través del beneficio neto y los costos totales del estudio, se utilizó la siguiente fórmula:

$$R \left( \frac{B}{C} \right) = \frac{BN}{CT}$$

**Dónde:**

**BN** = utilidad neta

**CT** = costos totales

**3.2.2 Tratamientos**

En este estudio experimental desarrolló ocho tratamientos, seis de ellos constituidos por dosis de bioestimulantes de origen vegetal, debido a su contenido natural de hormonas reguladoras de crecimiento. También, los dos tratamientos como testigo absoluto (sin bioestimulante), a continuación, se presentan los tratamientos establecidos:

**Tabla 1.****Factores de estudio.**

<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>
A1: Extracto de lenteja	B1: var. <i>Typica</i>
A2: Agua de coco	B2: var. <i>Sarchimor</i>
A3: <i>Aloe vera</i>	
A4: Testigo	

**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Tabla 2.**  
**Tratamientos.**

Trat.	Comb.	Factor A	Factor B	Dosis	Tiempo de aplicación desde la siembra (días)
1	A1B1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
2	A1B2	Agua de coco	<i>Typica</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
3	A1B3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
4	A1B4	Testigo	<i>Typica</i>	–	0 – 10 – 20 – 30
5	A2B1	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
6	A2B2	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
7	A2B3	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	1.56mL/semilla	0 – 10 – 20 – 30
8	A2B4	Testigo	<i>Sarchimor</i>	–	0 – 10 – 20 – 30

**Elaborado por:** La Autora, 2025

### 3.2.3 Diseño experimental

En este estudio se instituyó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B (bioestimulantes x variedades), con ocho tratamientos y cinco repeticiones, dando lugar a un total de cuarenta unidades experimentales bajo condiciones de vivero.

#### 3.2.3.1. Esquema de análisis de varianza ANDEVA.

**Tabla 3.**

#### **Diseño de análisis de varianza.**

Fuente de variación	Formula	GL
Factor A	a-1	3
Factor B	b-1	1
Interacción AxB	(a-1) (b-1)	3
Repeticiones	r-1	4
Error experimental	(ab-1) (r-1)	28
TOTAL	abr-1	39

**Elaborado por:** La Autora, 2025

### 3.2.3.2. Delimitación experimental.

Tabla 4.

***Diseño experimental.***

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidades</b>
Diseño	DBCA	
Número de tratamientos	unidades	8
Número de repeticiones	unidades	5
Número de unidades experimentales	unidades	40
Largo de unidad experimental	centímetros	85.5
Ancho de unidad experimental	centímetros	52.5
Área de la unidad experimental	m <sup>2</sup>	0.45
Largo del ensayo experimental	metros	11.34
Ancho del ensayo experimental	metros	5.63
Espacio entre u. experimentales	metros	0.5
N° plantas por unidad experimental	n	15
N° plantas por tratamiento	n	120
N° plantas por repeticiones	n	75
Plantas útiles	n	112
Total de plántulas	n	602
Área total del ensayo	m <sup>2</sup>	59.31

**Elaborado por:** La Autora, 2025

### 3.2.4 Recolección de datos

#### 3.2.4.1. Recursos

##### Recursos humanos

Tesista: Pincay Aquino Stefani Nagely

Tutor: Ing. Darlyn Amaya Márquez

##### Recursos bibliográficos

Revistas científicas, artículos científicos, libros, tesis de pregrado – maestrías – doctorados y sitios web.

##### Material biológico

- Semillas de café (*coffea arabica* L., var. *Typica* y var. *Sarchimor*)
- Bioestimulantes de origen vegetal (extracto de lenteja, agua de coco y *Aloe vera*)

**Material de campo y equipos**

- Sustrato
- Pala
- Fundas plásticas de semillero
- Regadera
- Vaso dosificador
- Libreta de apuntes
- Balanza digital
- Calibrador de precisión
- Cinta métrica
- Identificadores de tratamientos

**Recursos económicos**

Este estudio de investigación se financió por el capital propio del estudiante, mismo que incluye el costo de implementación del vivero temporal, material biológico, transporte, herramientas y material de campo.

**3.2.5 Métodos y técnicas**

En este estudio experimental se analizó el efecto de bioestimulantes de origen vegetal sobre la fase germinativa de semillas de café arábigo, en sus dos variedades: *Typica* y *Sarchimor*, también, las interacciones entre factores, a través de los siguientes métodos:

**Método inductivo**

La implementación de método inductivo permitió fundar conclusiones a partir de la contemplación del proceso evolutivo de las semillas del cafeto en su etapa inicial y vigor, en respuesta a la aplicación de los diferentes bioestimulantes de origen vegetal.

**Método deductivo**

El método deductivo posibilitó obtener conclusiones a partir la hipótesis estadística, además, determinó la relación con estudios anteriores permitiendo discutir y comparar el efecto de bioestimulantes vegetales sobre el porcentaje germinativo y desarrollo inicial en semillas de café arábigo.

**Método descriptivo**

Este método se aplicó dado su esencialidad en la descripción puntualizada de los datos cualitativos que presentaron las semillas de café según las variables a

medir en el estudio, para luego realizar el análisis del estado y evolución de las variedades de café arábigo en estudio.

#### **3.2.5.1. Manejo del estudio.**

##### **Preparación de biostimulantes de origen vegetal**

Para la preparación de los bioestimulantes se empleó el siguiente proceso:

**Extracto de lenteja**, se preparó en una concentración del 20% de la siguiente manera: se colocó en un litro de agua 200 gramos de semillas de lenteja, se mantuvo en remojo durante 24 horas, después se procedió a licuar y filtrar (lienzo), con lo que se consiguió separar el líquido de los residuos.

**Agua de coco**, este bioestimulante natural se utilizó directamente de la fruta fresca sin ningún proceso adicional (sin diluir).

**Aloe vera**, se preparó en una concentración del 20% para lo cual: se recolectó y desinfectó el material vegetativo, luego se extrajo 200 gramos del gel, para ser licuado y seguidamente se diluyó en un litro de agua.

##### **Preparación del sustrato**

La preparación del sustrato se realizó de forma manual con la ayuda de herramientas de campo, como pala, hasta conseguir una mezcla homogénea. El cual se compuso de tierra de sembrado + aserrín + arena de río.

##### **Siembra**

El proceso de siembra de las semillas de café se desarrolló manualmente, antes de la siembra las semillas fueron empapadas del bioestimulante vegetal correspondiente al tratamiento por un lapso de tiempo de 24 horas, para luego ser colocadas dos centímetros por debajo de la superficie y cubiertas totalmente por el sustrato.

##### **Llenado y distribución de las fundas**

El proceso de llenado y distribución de las fundas fue realizado con la ayuda de herramientas de campo, como pala pequeña, guantes, rastrillo pequeño; para la distribución de las mismas se colocaron dentro de bancales según el diseño del área experimental.

##### **Trasplante**

Se realizó alrededor de los 70 días después de la siembra en las camas de germinación, estas fueron trasplantadas a las fundas plásticas según los tratamientos en estudio, seguidamente distribuidas en relación al diseño

experimental para establecer las unidades experimentales dentro del área de estudio.

### **Aplicación de bioestimulantes vegetales**

La aplicación de cada uno de los bioestimulantes de origen vegetal se realizó de acuerdo a la dosis establecida en la investigación, se efectuaron cuatro aplicaciones a lo largo del estudio, la primera como inmersión antes de la siembra y las demás dentro de 10, 20 y 30 días después de la siembra.

### **3.2.6 Análisis estadístico**

En este estudio se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial, con ocho tratamientos y cinco repeticiones, con un total de cuarenta unidades experimentales. Los datos resultantes de las variables dependientes fueron evaluados bajo el análisis de varianza (ANOVA), con la prueba de Tukey al 5%, a fin de reconocer las diferencias significativas que se presentaron entre los tratamientos de estudio.

#### **3.2.6.1. Hipótesis estadística.**

##### **Hipótesis del factor A (Bioestimulante)**

**Ho:** La aplicación de bioestimulantes no influirá de forma significativa en la germinación y desarrollo vegetativo de café en condiciones de vivero.

**Hi:** La aplicación de bioestimulantes influirá de forma significativa en la germinación y desarrollo vegetativo de café en condiciones de vivero.

##### **Hipótesis del factor B (Variedades)**

**Ho:** Las variedades no presentarán influencia significativa en su germinación y desarrollo vegetativo de café en condiciones de vivero.

**Hi:** Las variedades presentarán influencia significativa en su germinación y desarrollo vegetativo de café en condiciones de vivero.

##### **Hipótesis de interacción Factor A x B (bioestimulantes x variedades)**

**Ho:** La interacción de bioestimulante y variedades no mostrará diferencias significativas en la germinación y desarrollo vegetativo inicial del café.

**Hi:** La interacción de bioestimulante y variedades mostrará diferencias significativas en la germinación y desarrollo vegetativo inicial del café.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Respuesta germinativa de dos variedades de café con la aplicación de diferentes bioestimulantes de origen vegetal

#### 4.1.1 Variable: Tiempo (días) y porcentaje (%) de germinación

En la **tabla 5** se detalla el proceso germinativo de semillas de café arábigo en función del tiempo y porcentaje final de germinación, dada la aplicación de los bioestimulantes de origen vegetal como reguladores de crecimiento en las variedades *Typica* y *Sarchimor*, la toma de datos se desarrolló desde los 50 días después de la siembra, y consecutivas con un intervalo de cinco días cada una, hasta los 70 días.

Los tratamientos con mayor porcentaje de germinación fueron T3 (*Aloe vera* + *Typica*), T2 (Agua de coco + *Typica*), T1 (Extracto de lenteja + *Typica*) y T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*). A los 50 días después de la siembra, el T3 presentó un 76% de germinación, alcanzando el 90% en la evaluación final. El T2 mostró un 69% en la evaluación inicial y un 84% de germinación en la evaluación final, mientras que el T1 presentó un rango del 66% hasta el 80%. En la variedad *Sarchimor* el T7 mostró un porcentaje inicial del 63% hasta el 76% en la evaluación final, por otro lado, el T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) y T8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*) presentaron en la evaluación inicial un 60% hasta el 67% en la evaluación final y un 57% hasta el 63% de germinación respectivamente.

Los resultados indican que el uso de los bioestimulantes vegetales favorecieron la germinación de las semillas. No obstante, el tratamiento a base de *Aloe vera* se destacó en ambas variedades en comparación con los demás tratamientos evaluados.

**Tabla 5.**

#### ***Tiempo y porcentaje de germinación.***

Trat	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	día 50 (%)	día 55 (%)	día 60 (%)	día 65 (%)	día 70 (%)
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	76	81	86	88	90
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	69	78	82	84	84
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	66	71	78	80	80
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	63	68	71	74	76

Trat	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	día 50 (%)	día 55 (%)	día 60 (%)	día 65 (%)	día 70 (%)
4	Testigo	<i>Typica</i>	62	68	70	71	71
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	62	66	68	70	71
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	60	64	64	65	67
8	Testigo	<i>Sarchimor</i>	57	59	60	63	63

Elaborado por: La Autora, 2025

## 4.2 Efecto de los bioestimulantes de origen vegetal en el desarrollo vegetativo de las dos variedades de café durante su crecimiento inicial.

### 4.2.1 Longitud radicular (cm)

En la **tabla 6** se presentan los resultados estadísticos de la variable de longitud radicular (cm) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas, resaltando los factores de estudio, en este caso los bioestimulantes de origen vegetal (factor A) y las variedades (factor B). En el factor A se destaca el *Aloe vera* con un promedio de 17.25 cm, seguido el extracto de lenteja con 17.05 cm y el agua de coco con 16.88 cm, no obstante, el testigo obtuvo un promedio de 16.42 cm. En el factor B, se destaca la variedad *Sarchimor* con 16.94 cm de promedio por encima de la variedad *Typica* con 16.86 cm.

El análisis estadístico indica que el uso de los bioestimulantes afectó el crecimiento radicular de las plantas, pero la variedad de café no influyó en los resultados obtenidos. Dado que, Factor A presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), mientras que el Factor B no presentó diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ).

**Tabla 6.**

### **Longitud radicular (cm).**

Factor	Niveles	Medias
Bioestimulantes vegetales (Factor A)	<i>Aloe vera</i>	17,25 a
	Extracto de lenteja	17,05 a
	Agua de coco	16,88 a
	Sin bioestimulante	16,42 b
Variedades (Factor B)	<i>Sarchimor</i>	16,94 a
	<i>Typica</i>	16,86 a

	<b>Medias</b>
<b>Significancia ANOVA Factor A:</b>	**
<b>Significancia ANOVA Factor B:</b>	NS

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).  
 \*\*: Diferencias altamente significativas.  
 N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .  
**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.2.2 Interacción entre factores AB para longitud radicular (cm)

En la **tabla 7** se presentan los resultados de la variable de longitud radicular (cm) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. El tratamiento con mayor longitud radicular promedio fue 7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) con 17.27 cm, seguido del tratamiento 3 (*Aloe vera* + *Typica*) y T1 (Extracto de lenteja + *Typica*), ambos con un promedio de 17.23 cm.

Asimismo, el tratamiento 6 (Agua de coco + *Sarchimor*) registró 17.13 cm de promedio y T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) con 16.87 cm, el T2 (Agua de coco + *Typica*) con 16.63 cm, mientras que el tratamiento 8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*) y T4 (Sin bioestimulante + *Sarchimor*) registraron las menores longitudes, con un promedio de 16.50 cm y 16.33 cm, respectivamente.

El análisis estadístico indica que la interacción entre ambos factores (bioestimulantes x variedades) sí presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), lo que infiere que el efecto de los bioestimulantes varía según la variedad. Por su parte, el coeficiente de variación fue de 1.95%.

**Tabla 7.**

#### **Interacción AB en la longitud radicular (cm).**

<b>Tratamientos</b>	<b>Factor A (Bioestimulantes)</b>	<b>Factor B (Variedades)</b>	<b>Medias</b>
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	17,27 a
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	17,23 a
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	17,23 a
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	17,13 ab
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	16,87 abc

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	16,63 abc
8	Sin bioestimulante	<i>Sarchimor</i>	16,50 bc
4	Sin bioestimulante	<i>Typica</i>	16,33 c
<b>Significancia ANOVA interacción AxB:</b>			*
<b>Coef. Variación (%):</b>			1,95

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

\*: Diferencias significativas.

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.2.3 Peso radicular (gr)

En la **tabla 8** se exponen los resultados de la variable de peso fresco radicular en gramos, 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. Se destacaron los factores de estudio, en este caso los bioestimulantes de origen vegetal (factor A) y las variedades (factor B). En el factor A se destaca el *Aloe vera* con un promedio de 2.78 gr, seguido el extracto de lenteja con 2.75 gr y el agua de coco con 2.72 gr, en cambio, el testigo obtuvo un promedio de 2.62 gr. En el factor B, se destaca la variedad *Sarchimor* con 2.74 gr de promedio por encima de la variedad *Typica* con 2.70 gr.

Entre los bioestimulantes vegetales se mostraron valores mayores de peso fresco radicular en comparación con los testigos, se destacan el *Aloe vera* y el extracto de lenteja como los más efectivos en ambas variedades. El análisis estadístico muestra que el Factor A presentó un efecto altamente significativo ( $p < 0.01$ ), mientras que el Factor B fue significativo ( $p < 0.05$ ), indicando que, tanto el uso de bioestimulantes como la variedad de café inciden en el peso radicular de las plántulas.

**Tabla 8.**

#### **Peso fresco radicular (gr).**

Factor	Niveles	Medias
Bioestimulantes vegetales (Factor A)	<i>Aloe vera</i>	2,78 a
	Extracto de lenteja	2,75 a
	Agua de coco	2,72 a
	Sin bioestimulante	2,62 b

Factor	Niveles	Medias
Variedades (Factor B)	<i>Sarchimor</i>	2,74 a
	<i>Typica</i>	2,70 b
<b>Significancia ANOVA Factor A:</b>		**
<b>Significancia ANOVA Factor B:</b>		*

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

\*: Diferencias significativas.

\*\* : Diferencias altamente significativas.

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.2.4 Interacción entre factores AB para peso radicular (gr)

En la **tabla 9** se exponen los resultados de la variable de peso fresco radicular (gr) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. El tratamiento que registró un mayor peso fresco radicular fue T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) con un promedio de 2.79 gr, seguido el T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) con 2.77 gr de promedio y T3 (*Aloe vera* + *Typica*) con 2.76 gr.

Asimismo, el T6 (Agua de coco + *Sarchimor*) registró un promedio de 2.75 gr y el T1 (Extracto de lenteja + *Typica*) con 2.73 gr. Se presentó en un rango inferior a los tratamientos, T2 (Agua de coco + *Typica*) con 2.69 gr, T8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*) con 2.64 gr y T4 (sin bioestimulante + *Typica*) con el menor promedio de 2.60 gr.

El análisis estadístico muestra que la interacción entre ambos factores (bioestimulantes x variedades) no presentó diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ), y determinó un coeficiente de variación de 1.75%.

**Tabla 9.**

#### **Interacción AB en el peso fresco radicular (gr).**

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	2,79 a
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	2,77 a
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	2,76 a
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	2,75 a
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	2,73 ab

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	2,69 abc
8	Sin bioestimulante	<i>Sarchimor</i>	2,64 bc
4	Sin bioestimulante	<i>Typica</i>	2,60 c
<b>Significancia ANOVA interacción AxB:</b>			NS
<b>Coef. Variación (%):</b>			1,75

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

Elaborado por: La Autora, 2025

#### 4.2.5 Altura de la parte aérea (cm)

En la **tabla 10** se presentan los resultados de la variable altura de la parte aérea en centímetros, 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. Se establecieron los factores de estudio, en este caso los bioestimulantes de origen vegetal (factor A) y las variedades (factor B). En el factor A se destaca el Aloe vera con un promedio de 12.06 cm, seguido el extracto de lenteja con 11.54 cm y el agua de coco con 11.43 cm, sin embargo, el testigo obtuvo un promedio de 11.00 cm. En el factor B, se destaca la variedad *Sarchimor* con 11.59 cm de promedio por encima de la variedad *Typica* con 11.43 cm.

El análisis estadístico mostró que el Factor A (bioestimulantes) fue altamente significativo ( $p < 0.01$ ), estableciendo las soluciones vegetales influyeron positivamente en la altura de las plántulas. En contraste, el Factor B (variedades) no fue significativo ( $p \geq 0.05$ ), lo que sugiere que la variedad no es un factor relevante en el crecimiento en altura de las plántulas.

**Tabla 10.**

#### **Altura de la parte aérea (cm).**

Factor	Niveles	Medias
Bioestimulantes vegetales (Factor A)	<i>Aloe vera</i>	12,06 a
	Extracto de lenteja	11,54 b
	Agua de coco	11,43 bc
	Sin bioestimulante	11,00 c
Variedades (Factor B)	<i>Sarchimor</i>	11,59 a
	<i>Typica</i>	11,43 a

	Medias
<b>Significancia ANOVA Factor A:</b>	**
<b>Significancia ANOVA Factor B:</b>	NS

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

\*\* : Diferencias altamente significativas.

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.2.6 Interacción entre factores AB para altura de la parte aérea (cm)

En la **tabla 11** se presentan los resultados de la variable altura de la parte aérea (cm) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. El tratamiento con mayor altura promedio fue T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) con 12.07 cm, seguido del T3 (*Aloe vera* + *Typica*) con 12.05 cm, asimismo el T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) con un promedio de 11.82 cm y el T6 (Agua de coco + *Sarchimor*) con 11.51 cm

Los tratamientos T2 (Agua de coco + *Typica*) con 11.35 cm, el T1 (Extracto de lenteja + *Typica*) con 11.25 cm de promedio. Por otro lado, los tratamientos con menor altura fueron T4 (sin bioestimulante + *Typica*) con 11.06 cm y T8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*) con 10.94 cm de promedio, lo que señala un menor crecimiento en ausencia de bioestimulantes.

El análisis estadístico evidencia que la interacción entre ambos factores (bioestimulantes x variedades) presentó diferencias no significativas ( $p \geq 0.05$ ), planteando que la respuesta a los bioestimulantes fue similar en ambas variedades, con respecto al crecimiento en altura de las plántulas. Se determina un coeficiente de variación de 3.60%.

**Tabla 11.**

#### **Interacción AB altura de la parte aérea (cm).**

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	12,07 a
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	12,05 a
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	11,82 ab
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	11,51 abc

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	11,35 abc
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	11,25 abc
4	Sin bioestimulante	<i>Typica</i>	11,06 bc
8	Sin bioestimulante	<i>Sarchimor</i>	10,94 c
<b>Significancia ANOVA interacción AxB:</b>			NS
<b>Coef. Variación (%):</b>			3,60

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

Elaborado por: La Autora, 2025

#### 4.2.7 Diámetro del tallo (mm)

En la **tabla 12** se presentan los valores promedio de la variable diámetro del tallo (mm) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas, se distingue los factores de estudio, en este caso los bioestimulantes de origen vegetal (factor A) y las variedades (factor B). En el factor A se destaca el *Aloe vera* con un promedio de 2.87 mm, seguido el extracto de lenteja con 2.83 mm y el agua de coco con 2.82 mm, asimismo, el testigo obtuvo un promedio de 2.73 mm. En el factor B, se destaca la variedad *Sarchimor* con 2.82 mm de promedio por encima de la variedad *Typica* con 2.80 mm.

El análisis estadístico indicó que, tanto el Factor A (bioestimulantes) como el Factor B (variedades) presentaron diferencias no significativas ( $p \geq 0.05$ ), lo que sugiere que el uso de bioestimulantes no influyó de forma evidente en el diámetro del tallo de las plántulas, asimismo, las variedades *Typica* y *Sarchimor* respondieron de manera similar en esta variable.

**Tabla 12.**

#### **Diámetro del tallo (mm).**

Factor	Niveles	Medias
Bioestimulantes vegetales (Factor A)	<i>Aloe vera</i>	2,87 a
	Extracto de lenteja	2,83 a
	Agua de coco	2,82 a
	Sin bioestimulante	2,73 a

Factor	Niveles	Medias
Variedades (Factor B)	<i>Sarchimor</i>	2,82 a
	<i>Typica</i>	2,80 a
<b>Significancia ANOVA Factor A:</b>		NS
<b>Significancia ANOVA Factor B:</b>		NS

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.2.8 Interacción entre factores AB para el diámetro del tallo (mm)

En la **tabla 13** se presentan los valores promedio del diámetro del tallo (mm) a los 50 días después del trasplante de las plántulas de café a las fundas. En él se observa que el tratamiento con el mayor promedio diámetro fue T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) con 2.90 mm, seguido de los tratamientos T3 (*Aloe vera* + *Typica*), T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*), T6 (Agua de coco + *Sarchimor*) y T2 (Agua de coco + *Typica*), todos con un promedio con 2.83 mm. A continuación, el tratamiento T1 (Extracto de lenteja + *Typica*) presentó un diámetro promedio de 2.80 mm, mientras que los valores más bajos se registraron en T4 (sin bioestimulante + *Typica*) y T8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*), ambos con 2.73 mm.

El análisis estadístico indica que la interacción entre ambos factores (bioestimulantes x variedades) mostró diferencias no significativas ( $p \geq 0.05$ ), lo que establece que la respuesta al uso de bioestimulantes no dependió de la variedad de café. El coeficiente de variación fue de 4.57%.

**Tabla 13.**

#### **Interacción AB diámetro del tallo (mm).**

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	2,90 a
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	2,83 a
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	2,83 a
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	2,83 a
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	2,83 a

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	2,80 a
4	Sin bioestimulante	<i>Typica</i>	2,73 a
8	Sin bioestimulante	<i>Sarchimor</i>	2,73 a
<b>Significancia ANOVA interacción AxB:</b>			NS
<b>Coef. Variación (%):</b>			4,57

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

Elaborado por: La Autora, 2025

#### 4.2.9 Número de hojas (n)

En la **tabla 14** se exponen los valores promedio de la variable número de hojas (n), 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. Se distingue los factores de estudio, en este caso los bioestimulantes de origen vegetal (factor A) y las variedades (factor B). En el factor A se destaca el *Aloe vera* con un promedio de 5.52 hojas, seguido el extracto de lenteja con 5.44 hojas y el agua de coco con 5.39 hojas, no obstante, el testigo obtuvo un promedio de 5.12 hojas. En el factor B, se destaca la variedad *Sarchimor* con 5.42 hojas de promedio por encima de la variedad *Typica* con 5.32 hojas.

El análisis estadístico indicó que el Factor A (bioestimulantes) y el Factor B (variedades) obtuvieron diferencias no significativas ( $p \geq 0.05$ ), lo que sugiere que, aunque los bioestimulantes pudieron haber influido en el número de hojas, no hubo diferencias estadísticas claras entre los bioestimulantes y las variedades de café en estudio.

**Tabla 14.**

#### **Número de hojas (n).**

Factor	Niveles	Medias
Bioestimulantes vegetales (Factor A)	<i>Aloe vera</i>	5,52 a
	Extracto de lenteja	5,44 a
	Agua de coco	5,39 a
	Sin bioestimulante	5,12 a
Variedades (Factor B)	<i>Sarchimor</i>	5,42 a
	<i>Typica</i>	5,32 a

	<b>Medias</b>
<b>Significancia ANOVA Factor A:</b>	NS
<b>Significancia ANOVA Factor B:</b>	NS

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### **4.2.10 Interacción entre factores AB en el número de hojas (n)**

En la **tabla 15** se exponen los resultados de la variable número de hojas (n) a los 50 días después del trasplante de las plántulas a las fundas. El tratamiento T3 (*Aloe vera* + *Typica*) presentó el mayor promedio con 5.58 hojas, seguido de T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) y T2 (Agua de coco + *Typica*), ambos con un promedio de 5.46 hojas. Los tratamientos T1 (Extracto de lenteja + *Typica*) y T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) también mostraron buenos resultados, con un promedio de 5.44 hojas. En seguida, T6 (Agua de coco + *Sarchimor*) presentó un promedio de 5.32 hojas, mientras el T4 (sin bioestimulante + *Typica*) tuvo un promedio de 5.18 hojas, finalmente, T8 (sin bioestimulante + *Sarchimor*) presentó el menor promedio con 5.06 hojas.

El análisis estadístico indicó la interacción entre ambos factores (bioestimulantes x variedades) presentó diferencias no significativas ( $p \geq 0.05$ ), estableciendo que, el efecto del uso de bioestimulantes sobre la cantidad de hojas no cambia en función de la variedad de café (*Typica* o *Sarchimor*). Se determinó un coeficiente de variación del 7.70%.

#### **Tabla 15.**

##### **Interacción AB número de hojas (n).**

<b>Tratamientos</b>	<b>Factor A (Bioestimulantes)</b>	<b>Factor B (Variedades)</b>	<b>Medias</b>
3	<i>Aloe vera</i>	<i>Typica</i>	5,58 a
7	<i>Aloe vera</i>	<i>Sarchimor</i>	5,46 a
2	Agua de coco	<i>Typica</i>	5,46 a
1	Extracto de lenteja	<i>Typica</i>	5,44 a
5	Extracto de lenteja	<i>Sarchimor</i>	5,44 a

Tratamientos	Factor A (Bioestimulantes)	Factor B (Variedades)	Medias
6	Agua de coco	<i>Sarchimor</i>	5,32 a
4	Sin bioestimulante	<i>Typica</i>	5,18 a
8	Sin bioestimulante	<i>Sarchimor</i>	5,06 a
<b>Significancia ANOVA interacción AxB:</b>			NS
<b>Coef. Variación (%):</b>			7,70

Medidas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

N.S: Diferencias no significativas  $p \geq 0.05$ .

**Elaborado por:** La Autora, 2025

#### 4.3 Análisis económico mediante la relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio.

El estudio económico de los tratamientos evaluados se muestra en el **apéndice 1**, donde en base a los resultados obtenidos, se calcularon los gastos de implementación y producción a nivel de vivero de las plántulas de cafeto, así como los ingresos generados por la venta de las mismas. Para cada tratamiento se determinó tanto la utilidad como la relación beneficio/costo, empleando como referencia el dólar estadounidense (USD).

Se evidenciaron variaciones significativas en la utilidad neta y la rentabilidad, dado que entre los tratamientos a base de bioestimulantes vegetales destacaron T1 (extracto de lenteja + *Typica*) y T5 (extracto de lenteja + *Sarchimor*) al registrar utilidades netas de \$177, con 1.13 en relación costo/beneficio. En contraste, T2 (agua de coco + *Typica*) y T6 (agua de coco + *Sarchimor*) presentaron pérdidas netas de \$287, con una RCB de 0.84, lo que evidencia una ineficiencia económica, mientras que T3 (*Aloe vera* + *Typica*) y T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*) registraron pérdidas mínimas de \$36, con una RCB de 0.98, próximas al punto de equilibrio. Por su parte, los tratamientos sin bioestimulantes (T4 y T8) alcanzaron la mayor utilidad neta con \$394, y una relación costo/beneficio de 1.35, representando una rentabilidad del 35%, cabe resaltar que sus costos de producción no fueron significativos en comparación a los demás tratamientos en estudio. Dados los resultados se concluye que, la rentabilidad de producción es condicionalmente viable, sin embargo, podría incrementarse al aumentar el número de plántulas y la demanda de estas, lo que permitiría optimizar costos y maximizar las ganancias.

## 5. DISCUSIÓN

La germinación de las semillas de café en ambas variedades (*Typica* y *Sarchimor*) estuvo influenciada por los bioestimulantes de origen vegetal en estudio (*Aloe vera*, de lenteja y el agua de coco), presentaron resultados altamente significativos. La variedad *Typica* presentó los mayores porcentajes de germinación en cada uno de los tratamientos, con 90% en *Aloe vera*, 84% en agua de coco y 80% en extracto de lenteja, con lo reportado por Cruces Torres (2021) en su investigación, donde determinó un 80% de germinación en semillas de Palta (*Persea americana*) variedad topa topa, usando el extracto de lenteja, 67% con el agua de coco y 61% con el *Aloe vera*, en 30 días tras la siembra, evidenciando la capacidad estimulante en la fase germinativa de semillas. Así mismo se observó el porcentaje germinativo en la variedad *Sarchimor* con la aplicación de los bioestimulantes a base de *Aloe vera*, agua de coco y extracto de lenteja, donde se evidencia un 76%, 71% y 67% respectivamente. Por su parte los tratamientos sin bioestimulante presentaron porcentajes de germinación similares con un 71% (var. *Typica*) y 63% (var. *Sarchimor*) en comparación a los tratamientos con bioestimulante, lo que sugiere que, las semillas poseen calidad en su estructura, lo que le brinda la capacidad de mantener su proceso germinativo incluso sin el uso de bioestimulantes.

Con respecto a la variable de longitud de raíz se establece que los bioestimulantes de origen vegetal tuvieron un efecto positivo en la brotación y crecimiento de las raíces, destacándose el *Aloe vera* en ambas variedades *Typica* y *Sarchimor* con un promedio de 17.27 y 17.23 cm, respectivamente. Asimismo, el bioestimulante a base de extracto de lentejas con 17.23 y 16.87 cm y el agua de coco con un promedio de 17.13 y 16.63 cm. Al respecto Garbanzo León et al. (2021), señala que los extractos de origen vegetal estimulan el proceso de elongación, división y diferenciación celular gracias a su contenido de hormonas naturales, con lo cual apreció mayor crecimiento de raíces y brotación en cladodios de pitahaya, resalta el agua de coco y solución de lentejas en sus tratamientos con un promedio de 14.20 a 23.10 cm y 19.20 a 21.15 cm, respectivamente en longitud de raíces, para la variable de peso fresco de raíz determinó un 2.89 a 4.35 gr y 3.77 a 5.03 gr, en comparación a este estudio donde se estableció un promedio de 2.77 gr (var. *Sarchimor*) y 2.73 gr (var. *Typica*) para el extracto de lenteja y 2.75 gr (var. *Sarchimor*) y 2.69 gr (var. *Typica*) para el agua de coco, sin embargo, en este

estudio el bioestimulante a base de *Aloe vera* obtuvo el mayor promedio de la variable con 2.79 gr en la variedad *Sarchimor*.

Es coincidente a lo que reportan Alvarado Aguayo y Munzón Quintana (2019) en la propagación asexual de *Ficus Benjamina* mediante diferentes extractos naturales (gel de sábila y agua de coco), en la longitud y peso de raíz presentan un promedio de 13.42 cm y 10.75 gr para la solución de gel de sábila y 12.11 cm y 6.25 gr para el agua de coco. Lo que concluye que, las soluciones naturales establecen un mismo efecto sobre otras especies al promover el crecimiento de las raíces y brotes en las platas. Alcántara Cortes et al. (2019), asocia esta capacidad a las altas concentraciones de fitohormonas presentes en materiales vivos como en este caso los extractos de origen vegetal.

Estudios como el de García Cid et al. (2024), destaca la capacidad de prendimiento y pronto desarrollo radicular al usar extracto de lenteja y el gel de *Aloe vera* en la producción ecológica de *Solanum lycopersicum*, tras el análisis en la variable de longitud de raíz obtuvo un promedio de 17 a 23.5 cm y para la variable de altura de la planta 30 a 42.03 cm, con el uso del gel de sábila. Se establece afinidad con esta investigación al haber obtenido un mayor promedio de la variable altura de la planta con la solución de *Aloe vera*, con un promedio de 12.07 cm para la var. *Sarchimor* y 12.05 cm en la var. *Typica*, destacándose entre los demás bioestimulantes de origen vegetal. Al igual que, Baličević et al. (2018) determinó el efecto alelopático del gel de *Aloe vera* atribuido a su contenido de ácido giberélico, esto en varias concentraciones en especies herbáceas y hortalizas, las concentraciones de 2%, 4% y 6% destacaron en la variable longitud de raíces con 29.3 y 49.9%, estos los resultados reiteran el efecto positivo de la aplicación del gel de *Aloe vera* como estimulante sobre los procesos de desarrollo vegetativo, por lo que se establece sincronía en este estudio, al ser el tratamiento a base del mismo extracto el cual se destacó en cada una de las variables medidas en ambas variedades *Typica* y *Sarchimor*, identificando al gel de *Aloe vera* como excelente regulador natural de crecimiento.

Asimismo Tucuch Haas et al. (2022), mencionan en su investigación la respuesta favorable del gel de sábila al 5% al potencializar la germinación de semillas y el desarrollo inicial en plantas de chile habanero, destacan que su aplicación redujo cuatro días el inicio de la emergencia, aumento 18% el desarrollo radicular, la altura y biomasa, 11% el diámetro del tallo y 13% del número de hojas,

es coincidente con los resultados obtenidos en este estudio, dado que los tratamientos con *Aloe vera* han destacado sobre los demás bioestimulantes en *Typica* y *Sarchimor*, en longitud radicular (17.27 y 17.23 cm), peso fresco radicular (2.74 y 2.75 gr), altura (12.05 y 12.07 cm), diámetro del tallo (2.90 y 2.83 mm) y en el número de hojas (5.58 y 5.46 hojas), respectivamente.

Actualmente no existen comparaciones entre métodos de propagación sexual de semillas de café, dado que, no se han realizado estudios económicos que comparen el costo de propagación por semillas o la producción de plántulas empleando bioestimulantes de origen vegetal, lo que convierte a este estudio en un punto de partida eminente para la producción las mismas como una alternativa económica y sostenible para los productores.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se determinó la respuesta germinativa dada la aplicación de bioestimulantes de origen vegetal en estudio, el gel de *Aloe vera* y el agua de coco demostraron ser altamente efectivos, con porcentajes de germinación de 90% y 84% en *Typica*, y 76% y 71% en *Sarchimor*, respectivamente. Esto permite posicionar a estos bioestimulantes como alternativas eficientes para optimizar este proceso vegetativo inicial.

El *Aloe vera* se destacó como el bioestimulante más eficaz, especialmente en *Sarchimor* (T7), con una longitud radicular de 17.27 cm y un peso fresco de raíz de 2.79 g. También sobresalió en el crecimiento aéreo, con una altura de 12.07 cm y un diámetro del tallo de 2.90 mm. En *Typica*, el *Aloe vera* (T3) y el extracto de lenteja (T1) también obtuvieron buenos resultados, destacándose el número de hojas en *Aloe vera* + *Typica* (5.58 hojas). Estos resultados demuestran que los bioestimulantes promueven un desarrollo inicial vigoroso, fortalecen el establecimiento en vivero y aumentan la resiliencia de las plántulas ante el estrés, lo que puede mejorar su rendimiento en campo.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento más rentable fue extracto de lenteja en *Typica* (T1) y en *Sarchimor* (T5), con utilidades netas de \$177, y una relación costo/beneficio de 1.13. También se destacó el *Aloe vera* en *Typica* (T3) y *Sarchimor* (T7), aunque con menor rentabilidad (0.98). Con base en los resultados, el uso de extracto de lenteja y *Aloe vera* representa una alternativa ecológica, económica y sostenible para la producción de plántulas de café, ayudando a reducir el uso de fertilizantes sintéticos.

Los resultados respaldan la hipótesis alternativa (Hi) para el factor A (bioestimulantes), dado que los tratamientos con *Aloe vera*, extracto de lenteja y agua de coco demostraron influencia significativa en la germinación y el desarrollo vegetativo, evidenciado en las variables de longitud y peso radicular, altura. En cuanto al factor B (variedades), no se encontraron diferencias significativas entre las variedades *Typica* y *Sarchimor*, por lo que se aceptó la hipótesis nula (Ho). No obstante, *Typica* mostró un desempeño superior en germinación. Finalmente, no se evidenció una interacción significativa entre los factores A y B, lo que indica una respuesta similar a los bioestimulantes en ambas variedades, respaldando así la aceptación de la hipótesis nula (Ho) en cuanto a la interacción.

## 6.2 Recomendaciones

Los bioestimulantes de origen vegetal no solo proporcionan un menor costo de producción para los agricultores, sino que también representan una alternativa ecológica y sostenible. En este estudio, se observó un alto porcentaje de germinación y un adecuado desarrollo vegetativo en las plántulas tratadas con bioestimulantes, destacándose el gel de *Aloe vera* como una opción eficaz. Por ello, se recomienda su incorporación como bioestimulante natural en la producción de plántulas, dado su excelente desempeño en el proceso germinativo, crecimiento radicular y el desarrollo vegetativo inicial.

En la investigación, se destacan los beneficios de los bioestimulantes de origen vegetal en la producción de plántulas para mejorar el establecimiento inicial y desarrollo temprano. Se sugiere ampliar la investigación sobre otros bioestimulantes vegetales, como el extracto de lenteja y el agua de coco, debido a su alto contenido de fitohormonas. Esto permitirá evaluar su efectividad en distintas etapas del cultivo y explorar posibles combinaciones que puedan generar sinergias y mejorar significativamente el rendimiento de las plántulas en campo, mismas acciones que contribuirían a aumentar la productividad del cultivo y fortalecer la competitividad de los productores en el mercado.

Según el análisis beneficio-costo, los tratamientos que presentaron rentabilidad intermedia, T1 (Extracto de lenteja + *Typica*), T3 (*Aloe vera* + *Typica*), T5 (Extracto de lenteja + *Sarchimor*) y T7 (*Aloe vera* + *Sarchimor*), se identifican como una alternativa ecológica viable para la producción de plántulas de café con el uso de bioestimulantes vegetales en viveros, ya que mantienen equilibrio entre costos de producción y beneficios económicos. Se recomienda evaluar estrategias para optimizar los insumos y mejorar la eficiencia del proceso de crecimiento inicial en las plántulas, asegurando que los extractos naturales utilizados maximicen su crecimiento y desarrollo vegetativo sin elevar significativamente los costos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agr. Rafael A. Velásquez O., y Asociación Nacional del café [Anacafé]. (2019). *Guía de variedades de café*. 13(1). <https://www.anacafe.org/>
- Alcántara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., y Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *REVISTA NOVA*, 17(32), 109–129. <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Alcántara Cortés, J. S., Acero Godoy, J., y Sánchez Mora, R. M. (2021). Metabolitos con potencial fitohormonal en el cultivo de especies vegetales: aplicaciones en biotecnología. *Revista Environment y Technology*, 2(1), 18–48. <https://doi.org/10.56205/ret.2-1.2>
- Alvarado Aguayo, A., y Munzón Quintana, M. (2019). Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de Ficus benjamina. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 65–78. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.40002>
- Alvarez, M. M., Casas Choque, D. A., y Yupanqui Condori, G. (2020). Aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cebolla roja Ilabaya (*Allium cepa*). *Ciencia y Desarrollo*, 26(1), 61–67. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.933>
- Arejano, L. M., Bartz, R. M., Santos, T. S. dos, Ramos, G. H., Gadotti, G. I., y Quadro, M. S. (2022). Uso de bioestimulantes na produção agrícola. In *Aspectos da biotecnologia agrícola aplicada*. Mérida Publisher. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-08-4.c2>
- Ayón Villao, F., Holguín Flores, G., Valverde Lucio, A., García Cabrera, J., y Gabriel Ortega, J. (2023). Efecto de la fertilización en el crecimiento y el control de enfermedades en el híbrido de café Sarchimoro 4260 (*Coffee arabica* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 22–32. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100019>
- Bailón Pilozo, R. M. (2022). *Evaluación de tres enraizantes naturales en la reproducción asexual de Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud y Swietenia macrophylla en vivero* [Tesis de pregrado, Universidad estatal del sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3695>

- Baličević, R., Ravlić, M., Lucić, K., Tatarević, M., Lucić, P., y Marković, M. (2018). Allelopathic effect of aloe vera (L.) burm.f. on seed germination and seedlings growth of cereals, industrial crops and vegetables. *Poljoprivreda*, 24(2), 13–19. <https://doi.org/10.18047/POLJO.24.2.2>
- Barreto Macias, A., Jimenez Pluas, R. S., Facuy Delgado, J. P., y Barreto Campoverde, K. L. (2023). Efecto de Bioestimulantes Orgánicos como Complemento de la Fertilización Edáfica en (*Oryza Sativa* L.), Variedad SFL-11 Zona Santa Lucía – Guayas. *MQRInvestigar*, 7(2), 358–380. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.2.2023.358-380>
- Cafés Mama Same. (2022, March 20). *La flor del café*. <https://www.cafesmamasame.com/es/blog/la-flor-del-cafe>
- Cargua Chávez, J. E., Luna Tamayo, A. K., González Sanango, H., Cedeño García, G. A., y Cedeño Sacón, Á. F. (2022). Crecimiento y calidad de plantas de café arábica con la aplicación de biochar y biofertilizantes en vivero. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 38(1), 3–14. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS38-1CCJA50001>
- Carranza, C., Castellanos, G., Deaza, D., y Miranda, D. (2017). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Científica Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 284–291. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5791>
- Chele Campozano, J. Y. (2022). *Respuesta comparativa entre dos híbridos y dos variedades de café a la fertilización ecológica en etapa de crecimiento* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3669>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). [Art. 14,15,71,72,277,389,400]. Registro Oficial del 449 de 20 de octubre del 2008. <https://www.oas.org/>
- Cruces Torres, B. H. (2021). *Efecto de cuatro enraizantes naturales en la germinación de semilla de palta (*Persea americana*) variedad Topa Topa, comunidad Santa Catalina de Tranca, San Miguel, La Mar, Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad José Carlos Mariá Mariátegui]. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1042>
- Enríquez, J. P., Retes Cáliz, R. F., y Vásquez Reyes, E. F. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. *Innovare: Revista*

- Científica de Ciencia y Tecnología*, 9(3), 149–155.  
<https://doi.org/10.5377/innovare.v9i3.10649>
- Equipo Mundo Cafeto. (2023, July 1). *El cafeto*. Mundo Cafeto.  
<https://mundocafeto.com/planta/el-cafeto/>
- Figueroa Hernández, E., Pérez Soto, F., Godínez Montoya, L., y Perez Figueroa, R. A. (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Científica Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 14(1), 41–56. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>
- Firman Muharam, S. (2022). Review: Potensi kopi arabika (*Coffea arabica* L.) Dari berbagai aktivitas farmakologi y bentuk sediaan farmasi. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 7(3), 395–406. <https://doi.org/10.37874/ms.v7i3.349>
- Gallardo Ignacio, J., Nicasio Torres, P., Santibáñez, A., Cabrera Hilerio, S. L., y Cruz Sosa, F. (2022). Estudio etnofarmacológico del género *Coffea* y compuestos de importancia biológica. *Revista Científica Mexicana de Ingeniera Química*, 21(3), 1–24. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio2856>
- Garbanzo León, G., Vega Villalobos, E. V., Rodríguez Cisneros, J., Urbina Briceño, C., Lázaro Rojas, W., Alvarado Jara, K., Barrientos Bolaños, R., Duarte Ortiz, K., Mora Prendas, J., Trujillo Olivas, V., y Rojas Varela, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 29–40. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47765>
- García Cid, F. E., Tapia Zayago, F. A., Pérez Ríos, S. R., Madariaga Navarrete, A., Cenobio Galindo, A. de J., y Hernández Soto, I. (2024). Enraizantes a base de lenteja y sábila una alternativa ecológica en la producción de tomate. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 10(20), 10–15. <https://doi.org/10.29057/icap.v10i20.12371>
- Hernández Silva, E., y García Martínez Ignacio. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 441–450. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S2007-09342016000200441](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2007-09342016000200441)
- Incapto. (2022, July 14). *Origen del café: de dónde sale y la procedencia del Fruto*. <https://incapto.com/blog/origen-del-cafe-de-donde-sale-procedencia-fruto/>
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2017). *Manual del protagonista: Viveros y semilleros*. <https://biologiaccadinarte11mogrado.wordpress.com/wp->

content/uploads/2017/04/manual\_de\_vivero\_y\_semillero-mined-2016-2017.pdf

- Julca Otiniano, A., Alvarado Huamán, L., Borjas Ventura, R., Castro Cepero, V., León Rojas, F., Valderrama Palacios, D., y Bello Amez, S. (2023). Variedades de café (*Coffea arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. *Revista Científica de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(2), 134–155. <https://doi.org/10.53287/ruyx4519vm15b>
- Leal García, I. (2021). *Evaluación de control biológico y bioestimulantes de roya en café (*Hemileia vastatrix*) en vitroplantas, bajo condiciones de invernadero* [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Tlajomulco, JAL]. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4779>
- López Carmona, D., Gallegos, Á., Palma, D. J., Martín Morales, G., Barragán Maravilla, M., Hernández Vallecillo, G., y Bautista, F. (2021). Selección de tierras para el cultivo de café en zonas con información escasa: análisis espacial del territorio y conocimiento local. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1). <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2419>
- Mendoza Baez, M. R. (2020). *Estudio de factibilidad para el establecimiento de una exportadora de café robusta en Orellana, Ecuador, para su comercialización en Alemania* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6863>
- Moreno Ruiz, G. (2004). Obtención de variedades de café con resistencia durable a enfermedades, usando la diversidad genética como estrategia de mejoramiento. *Revista Científica de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 28(107), 187–200. [https://doi.org/10.18257/raccefyn.28\(107\).2004.1988](https://doi.org/10.18257/raccefyn.28(107).2004.1988)
- Munguía Rodríguez, A. G., y Martínez Trujillo, M. (2018). Las auxinas: síntesis, transporte y señalización. *Revista de La DES Ciencias Biológicas Agropecuarias*, 20(1), 1–7. <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicasypage=articleyop=viewypath%5B%5D=279>
- Palacios, J. (2020). Raíz Café. In *SCRIBD*. <https://es.scribd.com/document/448707413/Raiz-cafe>
- Pilozo Mantuano, W., Indacochea Ganchozo, B., Castro Landín, A., Vera Tumbaco, M., y Gabriel Ortega, J. (2022). Principales enfermedades causantes de la

- perdida de rendimientos de los cultivos de café arábigo (*Coffea arabica* L.) en la zona sur de Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2), 117–134. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.632>
- Pulido Soler, N., y Becerra Abril, J. L. (2016). Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) en la regeneración de explantes de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Cultura Científica*, 14, 58–68. [https://revista.jdc.edu.co/Cult\\_cient/article/view/39](https://revista.jdc.edu.co/Cult_cient/article/view/39)
- Rodrigues, M. G., Chagas, A., Santos, T. P. dos, Ferreira, A. F. A., Monteiro, L. N. H., y Soutello, R. V. G. de. (2020). ROOTING ENHANCERS IN THE PRODUCTION OF BOUGAINVILLEA SEEDLINGS (*BOUGAINVILLEA* SP.). *International Journal for Innovation Education and Research*, 8(6), 146–153. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol8.iss6.2384>
- Sanchez Condori, L. (2023). *Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca (Manihot esculenta Crantz)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3296>
- Sánchez Mendoza, S., y Bautista Cruz, A. (2022). Efecto de fertilizantes de liberación lenta y fitohormonas en el crecimiento de *Agave angustifolia* Haw. *Revista Científica Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1–11. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.82738>
- Sandhu, R. K., Nandwani, D., y Nwosisi, S. (2018). Evaluación de un extracto de alga como bioestimulante del rendimiento de vegetales de hoja orgánicos en Tennessee. *Revista Científica de Agricultura de La Universidad de Puerto Rico*, 102(1–2), 53–64. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v102i1-2.17531>
- SeHablaCafè. (2019, October 29). *Anatomía de la fruta y semillas del café*. <https://sehablacafe.com/hablemos/anatomia-de-la-fruta-y-semilla-del-cafe/>
- Taípe Rojas, Y., y Esteban Nolberto, E. D. (2021). Te fosfocompost combinados con extractos vegetales en la propagación de *Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI*, 1(2), 73–87. <https://doi.org/10.54943/rscsxxi.v1i1.172>
- Tucuch Haas, C., Cen-Caamal, J. C., Kancab-UC, R. A., y Tucuch-Haas, J. I. (2022). Uso de gel de Aloe vera en la producción de plántulas de *Capsicum chinense*. *Biotecnia*, 24(1), 116–121. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1542>

- Tyulmal. (2020, May 16). *La planta del café: Características y tipos*.  
<https://www.tyulmal.com/la-planta-del-cafe-caracteristicas-y-tipos/>
- Valarezo Rivera, N. Y. (2020). *Evaluación del porcentaje de germinación de cinco cultivares de café (Coffea arabica L.) empleando cuatro tratamientos en vivero* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16152>
- Valverde Lucio, Y., Moreno Quinto, J., Quijije Quiroz, K., Castro Landin, A., Merchán García, W., y Gabriel Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (Coffea arábica L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18–28.  
<https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100018>
- Venegas Sánchez, S., Orellana Bueno, D., y Pérez Jara, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 2(2), 72–91.  
[https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)
- Vidal Tejeda, C. A., Julca Otiniano, A., Castro Cepero, V., Alvarado Huaman, L., y Borjas Ventura, R. R. (2023). Atributos físicos y fisiológicos de las semillas de café (Coffea arabica L). *Siembra*, 10(2), 1–9.  
<https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.4523>



Descripción	Unidad	Cant.	Costo unitario	Tratamientos								
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
Control manual de malezas	Jornal	1	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00
<b>Otros gastos</b>												
Fundas	Unidad	303	\$2,00	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75	\$75,75
Combustible (riego/mes)	Galón	10	\$2,49	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56	\$15,56
Balanza digital	Unidad	1	\$18,50	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32	\$2,32
Calibrador de precisión	Unidad	1	\$1,80	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23	\$0,23
Análisis del sustrato (Lab.)	Unidad	1	\$80,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00
<b>Número de plantas</b>				3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779
<b>Precio USD x planta (IBxt)</b>			\$0,40	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60	\$1.511,60
<b>Costo de producción</b>				\$1.334,40	\$1.798,66	\$1.547,16	\$1.117,16	\$1.334,40	\$1.798,66	\$1.547,16	\$1.117,16	\$1.117,16
<b>Utilidad neta</b>				\$177	-\$287	-\$36	\$394	\$177	-\$287	-\$36	\$394	\$394
<b>Relación costo/beneficio</b>				\$1,13	\$0,84	\$0,98	\$1,35	\$1,13	\$0,84	\$0,98	\$1,35	\$1,35

Elaborado por: La Autora, 2025

## ANEXOS

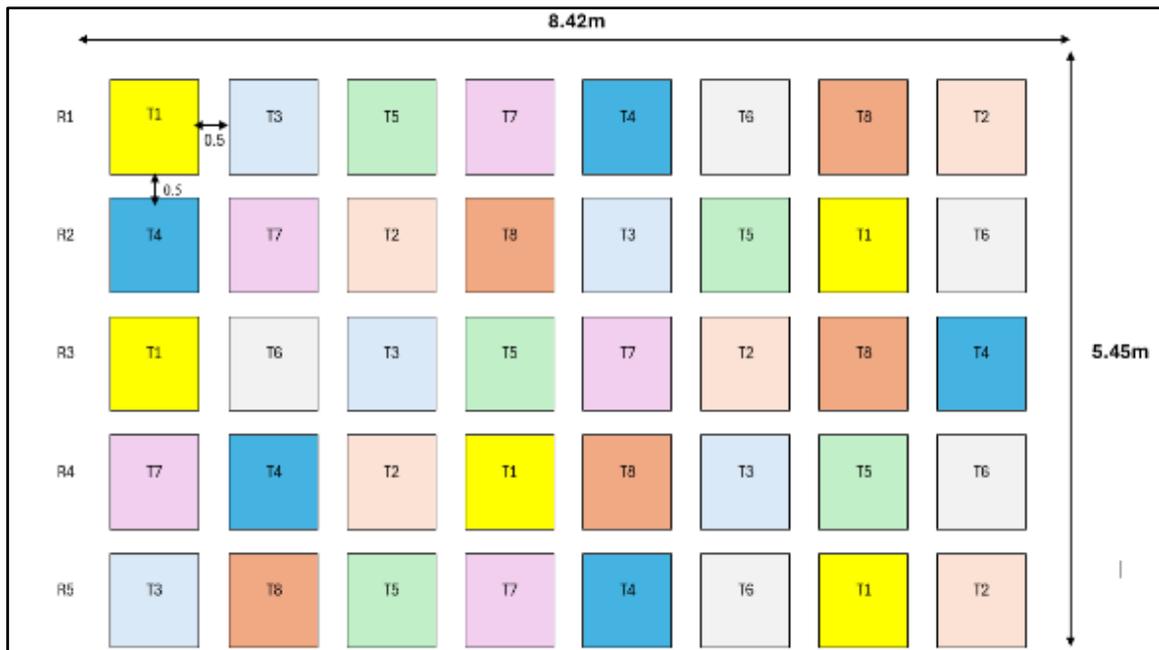
Figura 1.

*Mapa referencial del lugar del ensayo*

Fuente: Google Earth

Elaborado por: La Autora, 2025

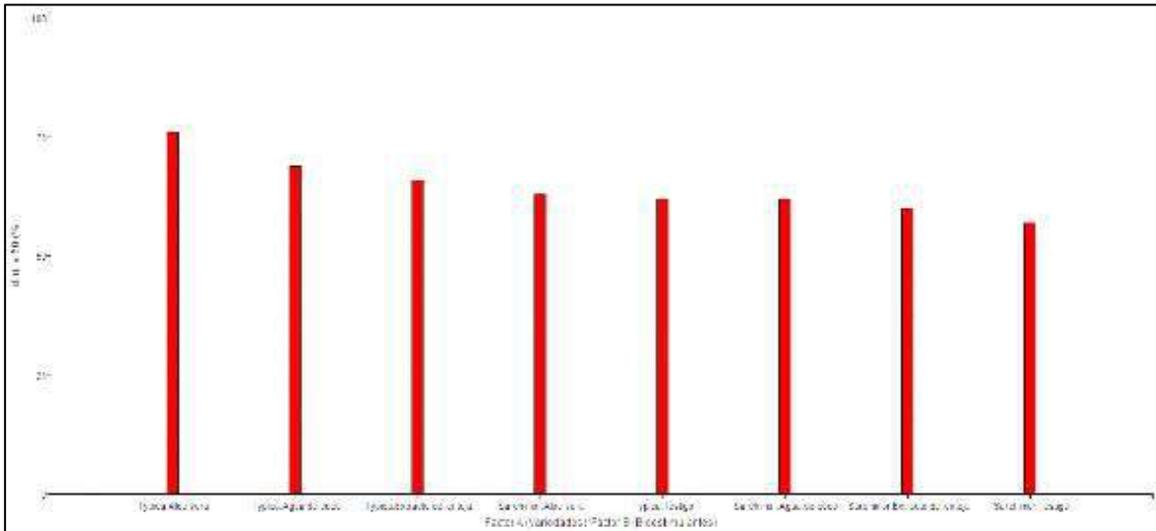
Figura 2.

*Diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial*

Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 3.**

***Variable de tiempo y porcentaje de germinación de las variedades***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

Figura 4.

**InfoStat de la variable: Longitud radicular (cm)**

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Promedio	40	0,62	0,47	1,95	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,01	11	0,46	4,19	0,0011
Bioestimulantes	3,79	3	1,26	11,60	<0,0001
Variedades	0,07	1	0,07	0,63	0,4356
Bloque	0,19	4	0,05	0,44	0,7766
Bioestimulantes*Variedades..	0,97	3	0,32	2,96	0,0492
Error	3,05	28	0,11		
Total	8,06	39			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40277					
Error: 0,1088 gl: 28					
Bioestimulantes	Medias	n	E.E.		
Aloe vera	17,25	10	0,10	A	
Extracto de lenteja	17,05	10	0,10	A	
Agua de coco	16,88	10	0,10	A	
Sin bioestimulante	16,42	10	0,10	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21367					
Error: 0,1088 gl: 28					
Variedades	Medias	n	E.E.		
Sarchimor	16,94	20	0,07	A	
Typica	16,86	20	0,07	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48052					
Error: 0,1088 gl: 28					
Bloque	Medias	n	E.E.		
4	17,02	8	0,12	A	
5	16,92	8	0,12	A	
3	16,90	8	0,12	A	
2	16,83	8	0,12	A	
1	16,83	8	0,12	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,68224					
Error: 0,1088 gl: 28					
Bioestimulantes	Variedades	Medias	n	E.E.	
Aloe vera	Sarchimor	17,27	5	0,15	A
Aloe vera	Typica	17,23	5	0,15	A
Extracto de lenteja	Typica	17,23	5	0,15	A
Agua de coco	Sarchimor	17,13	5	0,15	A B
Extracto de lenteja	Sarchimor	16,87	5	0,15	A B C
Agua de coco	Typica	16,63	5	0,15	A B C
Sin bioestimulante	Sarchimor	16,50	5	0,15	B C
Sin bioestimulante	Typica	16,33	5	0,15	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 5.

InfoStat de la variable: peso radicular (gr)

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Promedio	40	0,72	0,61	1,75

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	11	0,01	6,44	<0,0001
Bioestimulantes	0,14	3	0,05	20,70	<0,0001
Variedades	0,02	1	0,02	6,76	0,0147
Bloque	2,7E-03	4	6,6E-04	0,30	0,8784
Bioestimulantes*Variedades..	1,8E-03	3	6,2E-04	0,27	0,8436
Error	0,06	28	2,3E-03		
Total	0,22	39			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05793**  
Error: 0,0023 gl: 28

Bioestimulantes	Medias	n	E.E.	
Aloe vera	2,78	10	0,02	A
Extracto de lenteja	2,75	10	0,02	A
Agua de coco	2,72	10	0,02	A
Sin bioestimulante	2,62	10	0,02	B

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

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03073**  
Error: 0,0023 gl: 28

Variedades	Medias	n	E.E.	
Sarchimor	2,74	20	0,01	A
Typica	2,70	20	0,01	B

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

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06911**  
Error: 0,0023 gl: 28

Bloque	Medias	n	E.E.	
2	2,73	8	0,02	A
4	2,72	8	0,02	A
1	2,72	8	0,02	A
5	2,72	8	0,02	A
3	2,70	8	0,02	A

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

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09812**  
Error: 0,0023 gl: 28

Bioestimulantes	Variedades	Medias	n	E.E.	
Aloe vera	Sarchimor	2,79	5	0,02	A
Extracto de lenteja	Sarchimor	2,77	5	0,02	A
Aloe vera	Typica	2,76	5	0,02	A
Agua de coco	Sarchimor	2,75	5	0,02	A
Extracto de lenteja	Typica	2,73	5	0,02	A B
Agua de coco	Typica	2,69	5	0,02	A B C
Sin bioestimulante	Sarchimor	2,64	5	0,02	B C
Sin bioestimulante	Typica	2,60	5	0,02	C

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

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 6.

**Infostat de la variable: altura (cm)**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Promedio	40	0,64	0,50	3,60		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	8,66	11	0,79	4,59	0,0005	
Bioestimulantes	5,69	3	1,90	11,06	0,0001	
Variedades	0,25	1	0,25	1,47	0,2349	
Bloque	2,05	4	0,51	2,99	0,0358	
Bioestimulantes*Variedades..	0,66	3	0,22	1,28	0,2989	
Error	4,80	28	0,17			
Total	13,46	39				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,50573						
Error: 0,1715 gl: 28						
Bioestimulantes	Medias	n	E.E.			
Aloe vera	12,06	10	0,13	A		
Extracto de lenteja	11,54	10	0,13	B		
Agua de coco	11,43	10	0,13	B C		
Sin bioestimulante	11,00	10	0,13	C		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26829						
Error: 0,1715 gl: 28						
Variedades	Medias	n	E.E.			
Sarchimor	11,59	20	0,09	A		
Typica	11,43	20	0,09	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60335						
Error: 0,1715 gl: 28						
Bloque	Medias	n	E.E.			
2	11,82	8	0,15	A		
4	11,59	8	0,15	A B		
3	11,53	8	0,15	A B		
1	11,46	8	0,15	A B		
5	11,12	8	0,15	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85663						
Error: 0,1715 gl: 28						
Bioestimulantes	Variedades	Medias	n	E.E.		
Aloe vera	Sarchimor	12,07	5	0,19	A	
Aloe vera	Typica	12,05	5	0,19	A	
Extracto de lenteja	Sarchimor	11,82	5	0,19	A B	
Agua de coco	Sarchimor	11,51	5	0,19	A B C	
Agua de coco	Typica	11,35	5	0,19	A B C	
Extracto de lenteja	Typica	11,25	5	0,19	A B C	
Sin bioestimulante	Typica	11,06	5	0,19	B C	
Sin bioestimulante	Sarchimor	10,94	5	0,19	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 7.

InfoStat de la variable: diámetro del tallo (mm)

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Promedio	40	0,30	0,03	4,57	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	11	0,02	1,10	0,3964
Bioestimulantes	0,10	3	0,03	1,94	0,1464
Variedades	0,01	1	0,01	0,38	0,5437
Bloque	0,09	4	0,02	1,37	0,2698
Bioestimulantes*Variedades..	0,01	3	2,4E-03	0,15	0,9313
Error	0,46	28	0,02		
Total	0,66	39			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15702  
Error: 0,0165 gl: 28

Bioestimulantes	Medias	n	E.E.
Aloe vera	2,87	10	0,04 A
Agua de coco	2,83	10	0,04 A
Extracto de lenteja	2,82	10	0,04 A
Sin bioestimulante	2,73	10	0,04 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08330  
Error: 0,0165 gl: 28

Variedades	Medias	n	E.E.
Sarchimor	2,82	20	0,03 A
Typica	2,80	20	0,03 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18733  
Error: 0,0165 gl: 28

Bloque	Medias	n	E.E.
3	2,90	8	0,05 A
1	2,81	8	0,05 A
2	2,81	8	0,05 A
4	2,79	8	0,05 A
5	2,75	8	0,05 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26597  
Error: 0,0165 gl: 28

Bioestimulantes	Variedades	Medias	n	E.E.
Aloe vera	Sarchimor	2,90	5	0,06 A
Aloe vera	Typica	2,83	5	0,06 A
Extracto de lenteja	Sarchimor	2,83	5	0,06 A
Agua de coco	Sarchimor	2,83	5	0,06 A
Agua de coco	Typica	2,83	5	0,06 A
Extracto de lenteja	Typica	2,80	5	0,06 A
Sin bioestimulante	Typica	2,73	5	0,06 A
Sin bioestimulante	Sarchimor	2,73	5	0,06 A

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

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 8.

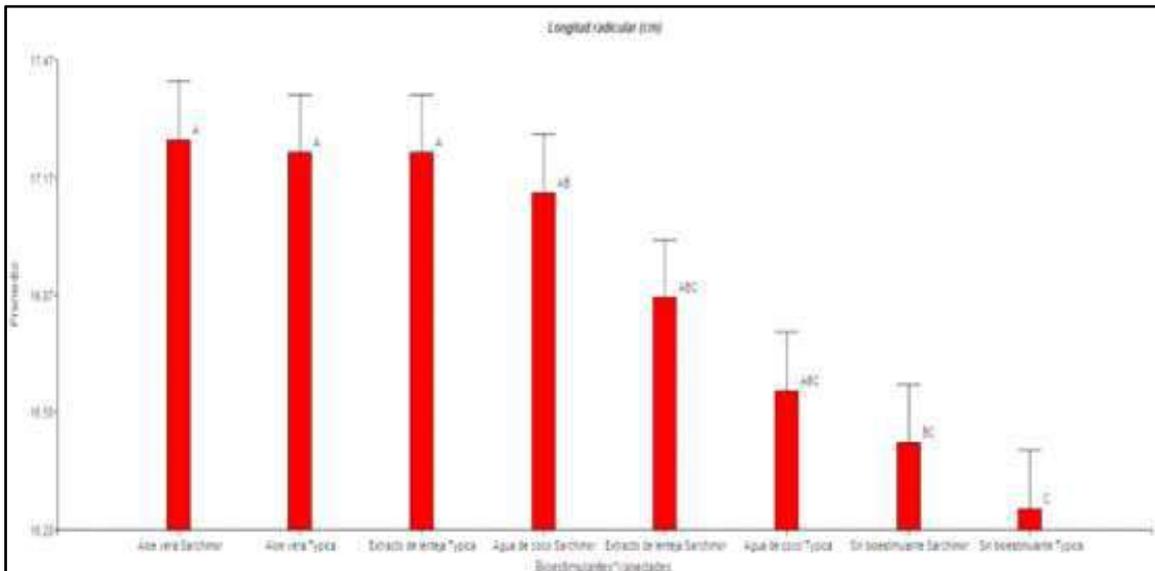
**InfoStat de la variable: número de hojas (n)**

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Promedio	40	0,25	0,00	7,70		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	1,60	11	0,15	0,85	0,5945	
Bioestimulantes	0,90	3	0,30	1,76	0,1777	
Variedades	0,09	1	0,09	0,53	0,4735	
Bloque	0,58	4	0,14	0,84	0,5098	
Bioestimulantes*Variedades..	0,03	3	0,01	0,06	0,9804	
Error	4,79	28	0,17			
Total	6,39	39				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,50490						
Error: 0,1710 gl: 28						
Bioestimulantes	Medias	n	E.E.			
Aloe vera	5,52	10	0,13	A		
Extracto de lenteja	5,44	10	0,13	A		
Agua de coco	5,39	10	0,13	A		
Sin bioestimulante	5,12	10	0,13	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26785						
Error: 0,1710 gl: 28						
Variedades	Medias	n	E.E.			
Typica	5,42	20	0,09	A		
Sarchimor	5,32	20	0,09	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60236						
Error: 0,1710 gl: 28						
Bloque	Medias	n	E.E.			
3	5,49	8	0,15	A		
5	5,48	8	0,15	A		
2	5,40	8	0,15	A		
4	5,31	8	0,15	A		
1	5,16	8	0,15	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85523						
Error: 0,1710 gl: 28						
Bioestimulantes	Variedades	Medias	n	E.E.		
Aloe vera	Typica	5,58	5	0,18	A	
Aloe vera	Sarchimor	5,46	5	0,18	A	
Agua de coco	Typica	5,46	5	0,18	A	
Extracto de lenteja	Typica	5,44	5	0,18	A	
Extracto de lenteja	Sarchimor	5,44	5	0,18	A	
Agua de coco	Sarchimor	5,32	5	0,18	A	
Sin bioestimulante	Typica	5,18	5	0,18	A	
Sin bioestimulante	Sarchimor	5,06	5	0,18	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 9.

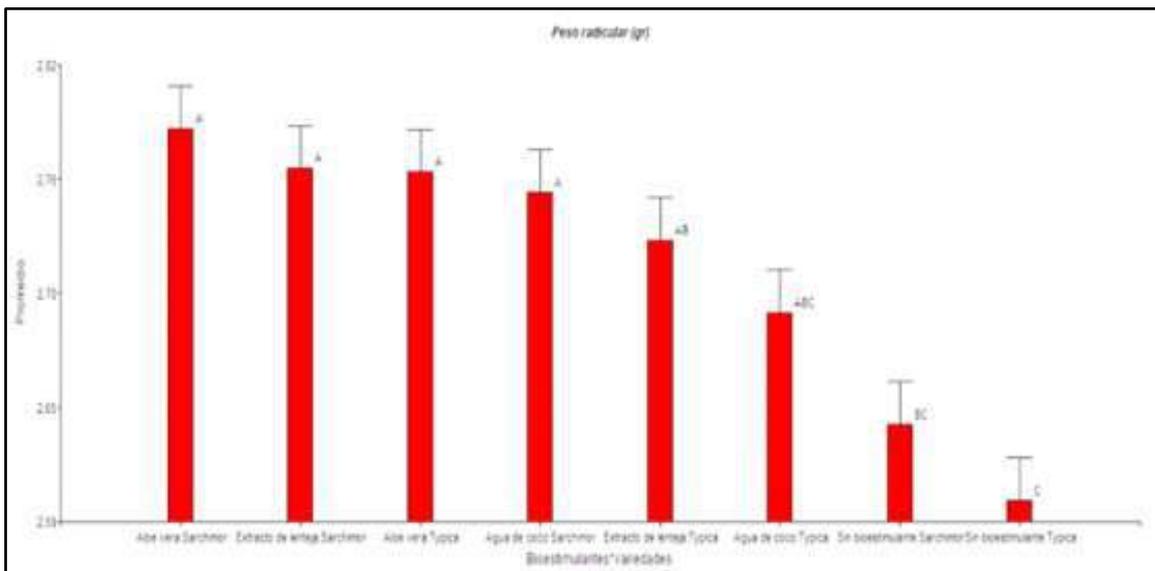
**Histograma de variable: longitud radicular (cm)**



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 10.

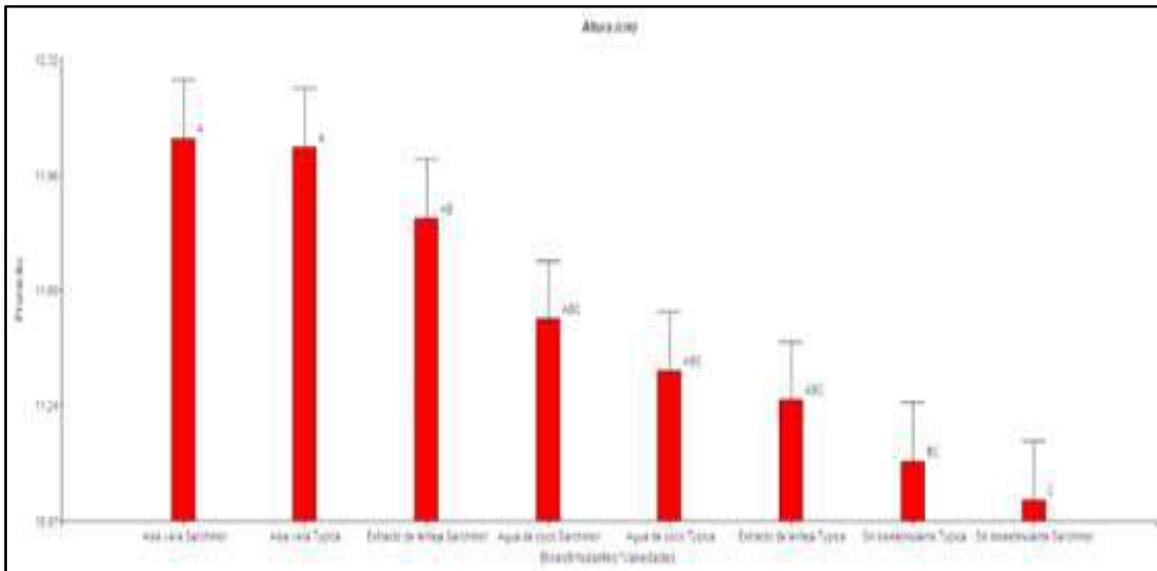
**Histograma de la variable: peso fresco radicular (gr)**



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 11.

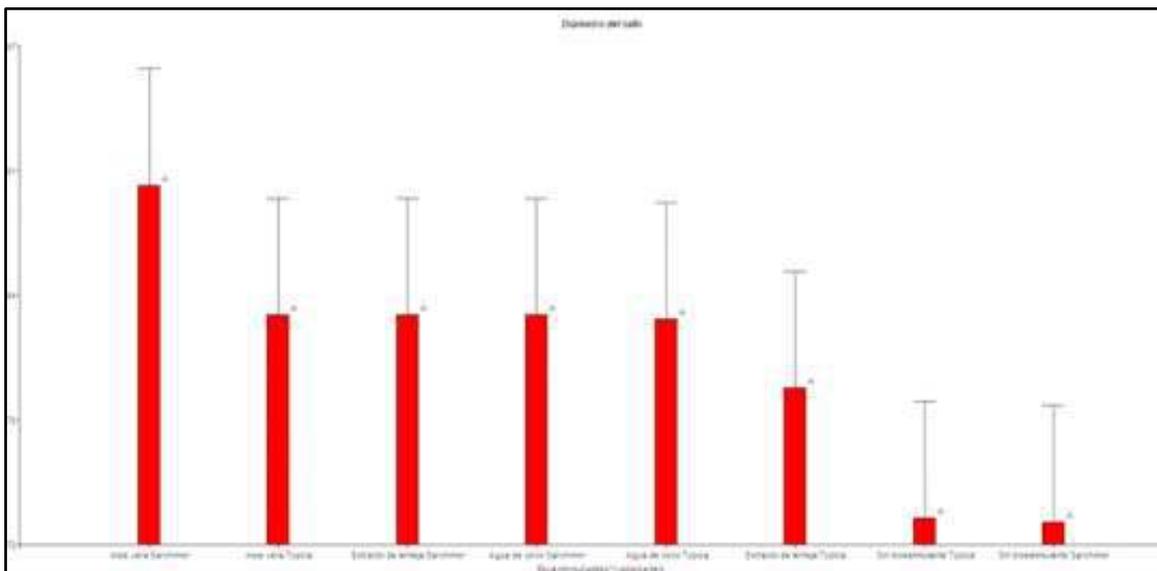
**Histograma de la variable: altura de la parte aérea (cm)**



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 12.

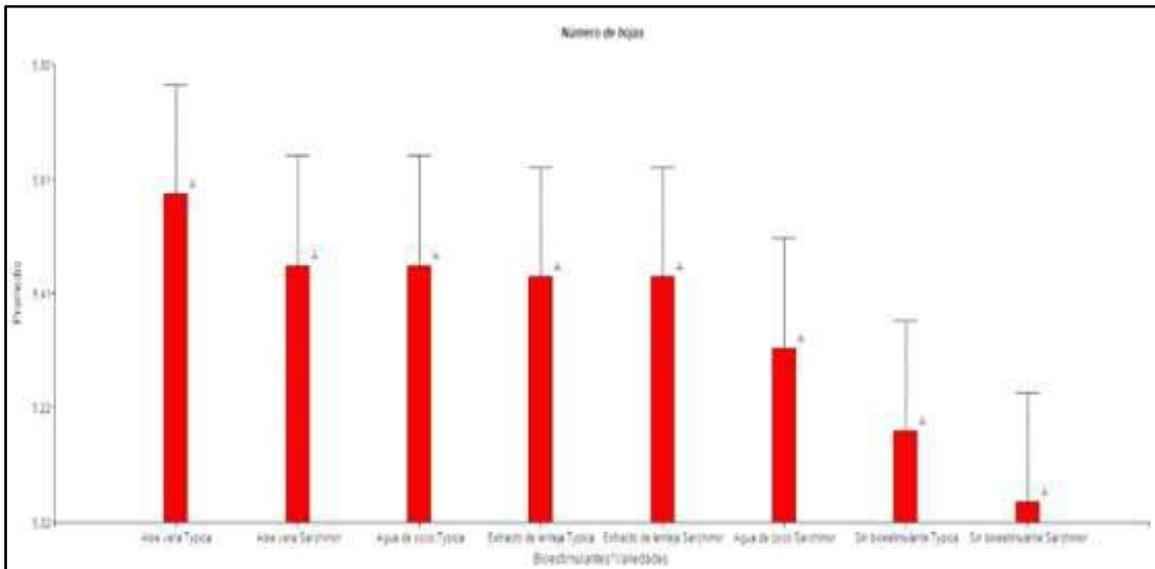
**Histograma de la variable: diámetro del tallo (mm)**



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 13.**

***Histograma de la variable: número de hojas (n)***



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 14.**

***Preparación del sustrato y camas germinadoras***



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 15.**

***Siembra de variedades de café arábigo.***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 16.**

***Preparación del bioestimulante a base de lenteja***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

Figura 17.

*Preparación del bioestimulante a base de gel de Aloe vera*



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 18.

*Extracción del agua de coco, bioestimulante vegetal*



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 19.**

***Primera aplicación 10 días después de la siembra***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 20.**

***Segunda aplicación 20 días después de la siembra***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 21.**

***Tercera aplicación 30 días después de la siembra***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 22.**

***Tratamientos de estudio periodo de germinación***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 23.**

***Germinación T3, 60 días desde la siembra***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 24.**

***Conteo de semillas emergidas 60 días tras la siembra***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

Figura 25.

**Preparación del sustrato para llenado de fundas**

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 26.

**Relleno de fundas**

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 27.

***Trasplante de las plántulas***

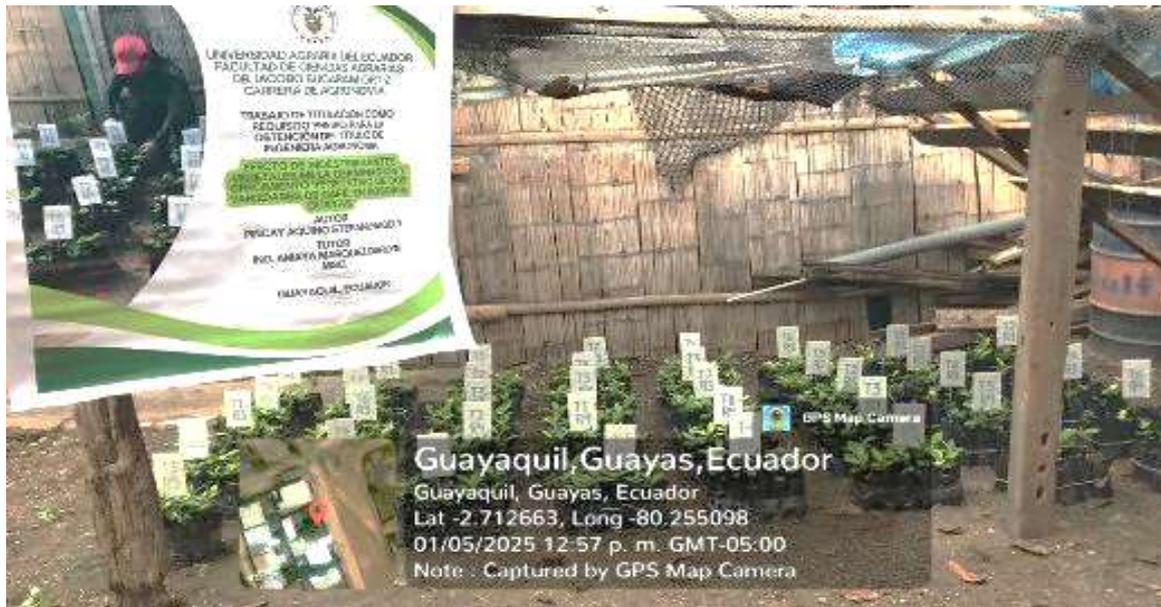
Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 28.

***Distribución de los bloques según el diseño experimental***

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 29.

**Establecimiento del área experimental de estudio**

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 30.

**Toma de datos de la variable: longitud radicular (cm)**

Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 31.

**Toma de datos de la variable: peso fresco radicular (gr)**



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 32.

**Toma de datos de la variable; altura de la parte aérea (cm)**



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 33.

*Toma de datos de la variable: diámetro del tallo (mm)*



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 34.

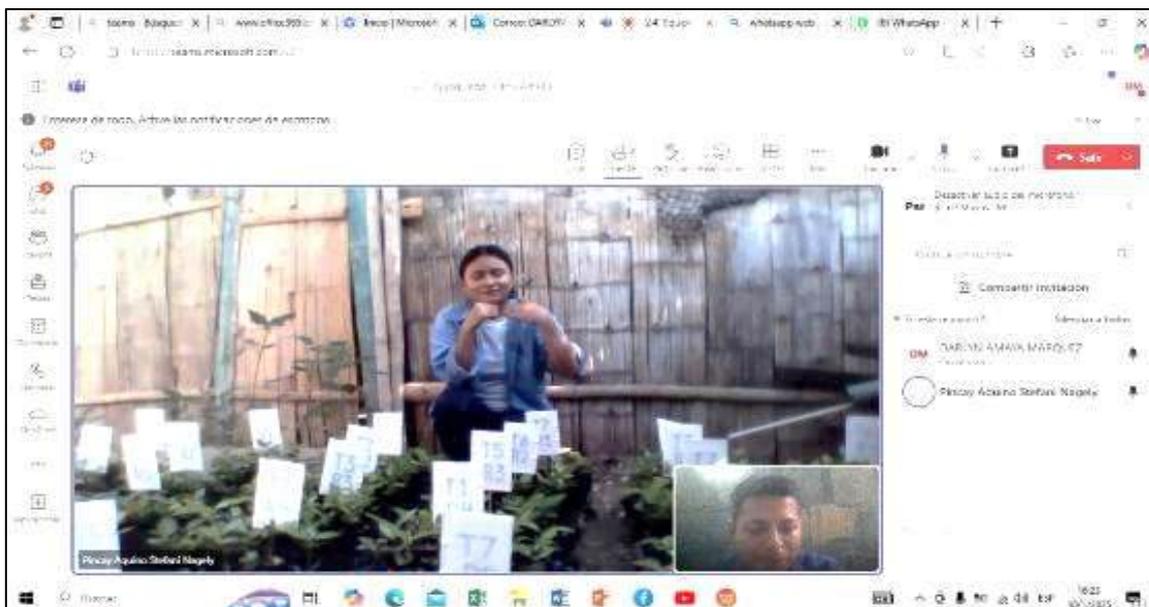
*Toma de datos de la variable: número de hojas (n)*



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 35.*****Manejo manual de malezas***

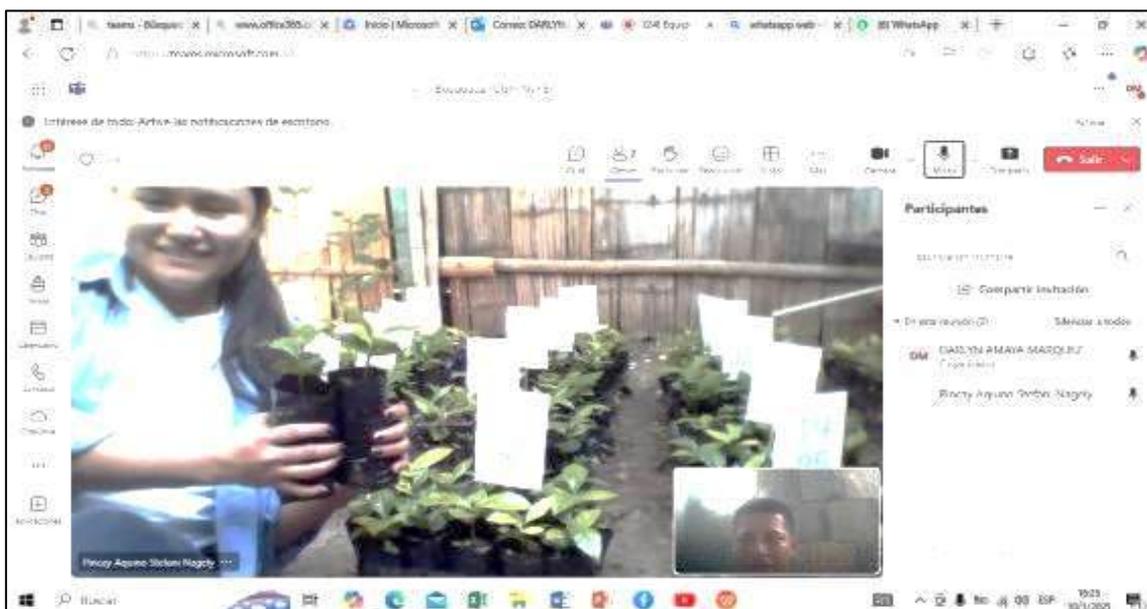
Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 36.*****Videollamada con tutor: orientación y guía del estudio***

Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 37.**

**Videollamada con tutor: demostración de los mejores tratamientos**



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 38.**

**Tratamiento 6, r5**



Elaborado por: La Autora, 2025

**Figura 39.**

***Tratamiento 3, r4***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 40.**

***Tratamiento 7, r3***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 41.**

***Tratamiento 5, r1***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 42.**

***Tratamiento 2, r2***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 43.**

***Tratamiento 7, r4***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

**Figura 44.**

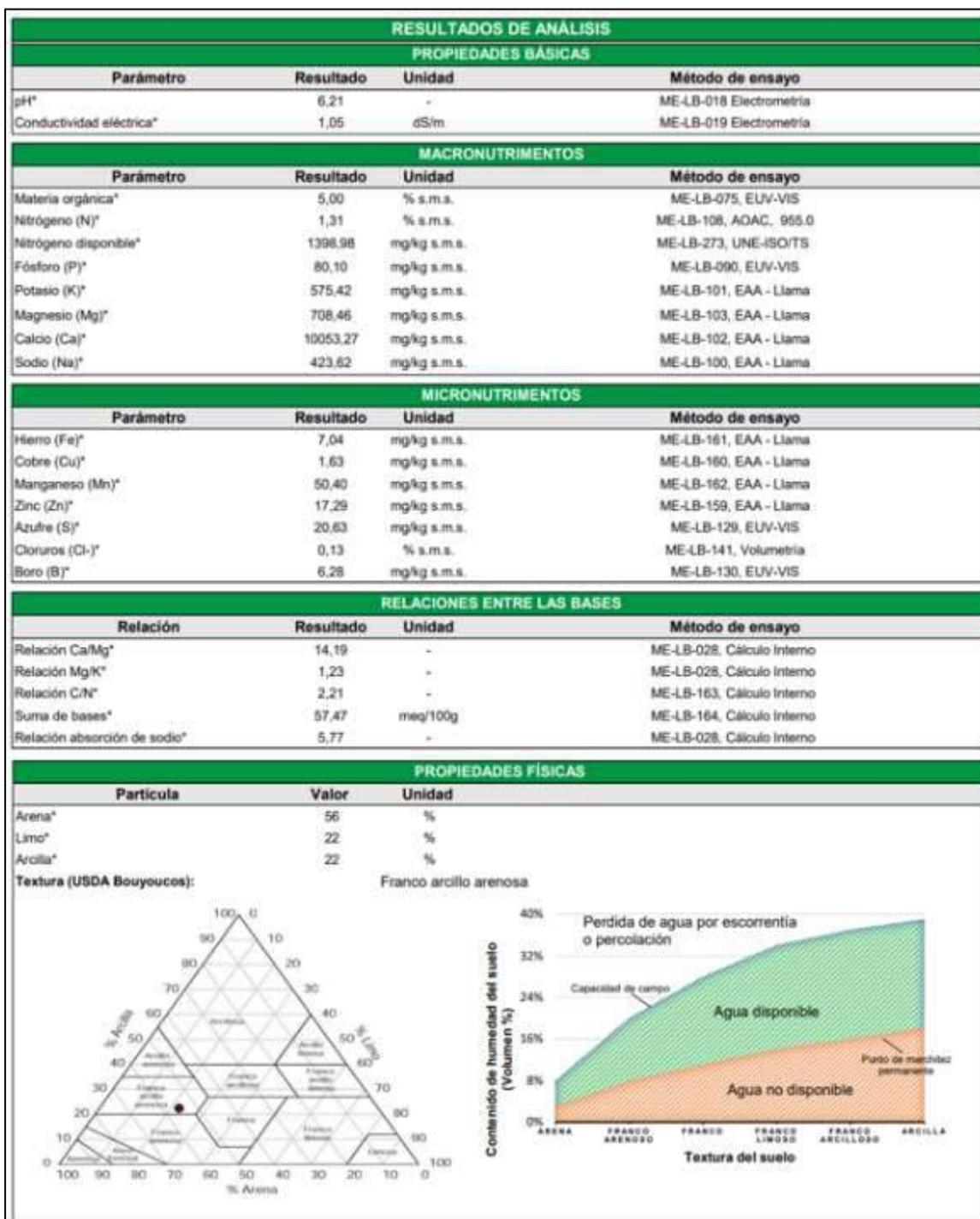
***Estimación del crecimiento vegetativo inicial de las plántulas***



**Elaborado por:** La Autora, 2025

Figura 45.

## Análisis macro y micro nutrientes de sustrato



Elaborado por: La Autora, 2025