



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia.

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo.

AUTOR:

Jonathan Andrés Cordero Escobar

DIRECTOR:

Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 28 de agosto de 2023

Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de la autoría del estudiante **Jonathan Andrés Cordero Escobar**, con **cédula de identidad Nro. 1104920705**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

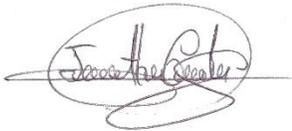


Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Jonathan Andrés Cordero Escobar**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresarme a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1104920705

Fecha: 08 de enero de 2024

Correo electrónico: Jonathan.cordero@unl.edu.ec

Teléfono: 0979536056

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

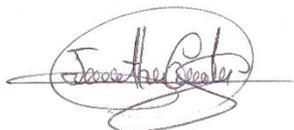
Yo, **Jonathan Andrés Cordero Escobar**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de enero de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Jonathan Andrés Cordero Escobar.

Cédula: 1104920705

Dirección: Barrio España, cantón Sozoranga, provincia de Loja.

Correo electrónico: Jonathan.cordero@unl.edu.ec

Teléfono: 0979536056

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD.

Dedicatoria

Lleno de regocijo y esperanza es un orgullo dedicar este Trabajo de Investigación a mis padres Manuel Cordero y Libia Escobar, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años quienes han sido mis pilares de motivación para seguir adelante y alcanzar mis anhelos, gracias por haberme forjado con buenos sentimientos y valores los cuales me han llevado a ser la persona que soy.

Gracias Dios por concederme a los mejores padres del mundo.

A mis hermanos Xavier Cordero, Ronal Cordero, Byron Cordero, por estar siempre apoyándome y sobre todo a Zonia Escobar por brindarme su cariño y confianza, quien ha sido como una segunda mamá, a Tedy Flores por confiar en mí y llenarme de motivación a nunca rendirme en los estudios, gracias por formar parte de mi vida.

De igual forma a mis amigos y compañeros Jorge Requelme, Richard Granda, Cristian Gualán, Adrián Achupallas, un cariñoso reconocimiento por su apoyo y haberme brindado ánimos y consejos durante nuestra formación académica y en el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.

Jonathan Andrés Cordero Escobar

Agradecimiento

Es un placer agradecer a nuestra noble institución a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables por abrirme sus puertas de su seno científico y permitirme estudiar mi carrera, a nuestros docentes en especial a aquellos que de verdad han sabido llevar su rol de educadores y compartir sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, y su motivación que han sido fundamentales para mi formación como profesional.

Al mismo tiempo quiero agradecer a mi asesor Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, por su confianza, paciencia, esfuerzo y dedicación para guiarme durante todo el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.

Lo antes mencionado es motivo de lealtad, admiración y respeto, así como sentirme en deuda con ellos por todo lo enseñado y recibido en el tiempo de formación académica.

Jonathan Andrés Cordero Escobar

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xi
1. Título	2
2. Resumen	3
Abstrac	3
3. Introducción.	4
4. Marco Teórico.	7
4.1. Importancia económica del café en el mundo y en el Ecuador	7
4.2. Producción de café a nivel mundial.	7
4.3. Producción a nivel nacional.	7
4.4. Generalidades del cultivo.	8
4.4.1. Cultivo de café.	8
4.4.2. Taxonomía	9
4.4.3. Descripción botánica de la planta de café.	9
4.5. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café.	10
4.5.1. La altitud (metros sobre el nivel del mar).	11

4.5.2. La precipitación anual.....	11
4.5.3. La temperatura.....	11
4.5.4. La humedad relativa.	11
4.5.5. El viento.....	11
4.6. Generalidades de los abonos orgánicos.....	11
4.7. Características de los abonos orgánicos.	12
4.7.1. <i>Azolla</i>	12
4.7.2. <i>Pollinaza</i>	12
4.7.3. <i>Bocashi</i>	13
4.7.4. <i>Eco Abonaza</i>	13
4.7.5. <i>Nutrisano</i>	13
4.8. Fenología.....	14
4.8.1. Fenología del café.....	14
4.8.2. Fase de desarrollo vegetativo del cafeto.....	14
4.8.3. Fase de desarrollo reproductivo del cafeto.....	15
4.8.4. Fase de senescencia del cafeto.....	17
5. Metodología.....	20
5.1. Localización del estudio.....	20
5.1.1. Ubicación geográfica y condiciones climáticas.	20
5.2. Metodología general.....	21
5.2.1. Tipo de investigación.....	23
5.2.2. Diseño experimental.	23
5.3. Metodología para el objetivo 1: “ <i>Identificar el efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el crecimiento del cafeto en la Estación Experimental La Argelia</i> ”.....	25
5.3.1. Área foliar (AF).....	26

5.3.2. Diámetro del tallo (DT).	26
5.3.3. Altura de la planta (AP).	26
5.4. Metodología para el objetivo 2: <i>“Describir el comportamiento fisiológico del cafeto arábigo con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en la Estación Experimental La Argelia”</i> .	26
5.4.1. Contenido de clorofila (CC).	26
5.4.2. Densidad estomática (DE).	26
5.4.3. Índice estomático (IE).	27
5.4.4. Conductancia estomática (CE).	27
6. Resultados	28
7. Discusión	32
8. Conclusiones	36
9. Recomendaciones	37
10. Bibliografía	38
11. Anexos	44

Índice de tablas:

Tabla 1. Descripción del desarrollo del café desde la siembra hasta la emergencia de las semillas: Estado principal de germinación y crecimiento cero (Arcila <i>et al.</i> , 2007).....	14
Tabla 2. Desarrollo de las hojas hasta que están completamente abiertas: Estado principal de crecimiento 1 (Arcila <i>et al.</i> , 2007).	14
Tabla 3. Estadio principal 2: Formación de ramas, desde el primer par hasta completar 90 pares de ramas (Arcila <i>et al.</i> , 2007).....	15
Tabla 4. Estadio principal de crecimiento 3: Elongación de ramas a través de la formación de nudos (Arcila <i>et al.</i> , 2007).....	15
Tabla 5. Estadio principal de crecimiento 5: Desarrollo de las inflorescencias desde que son yemas florales (Arcila <i>et al.</i> , 2007).	16
Tabla 6. Crecimiento de las flores hasta que están completamente abiertas hasta un 90%: Estado principal de crecimiento 6 (Arcila <i>et al.</i> , 2007).	16
Tabla 7. Desarrollo del fruto desde el cuajado hasta que alcanza la madurez fisiológica: Estado principal de crecimiento 7 (Arcila <i>et al.</i> , 2007).	16
Tabla 8. Desarrollo del fruto desde que inicia el cambio de color de verde a rojo hasta estar listo para cosecha: Estado principal de crecimiento (Arcila <i>et al.</i> , 2007).....	16
Tabla 9. Inicio de la fase de senescencia del café con el final del crecimiento de los brotes y ramas: Estado principal de crecimiento 9 (Arcila <i>et al.</i> , 2007).....	17
Tabla 10. Datos de ubicación geográfica del sitio de estudio.	20
Tabla 11. Cálculos de dosificación para cada uno de los tratamientos.	22
Tabla 12. Delineación del ensayo (DBCA) en café arábigo, var. Sarchimor, detalle de los tratamientos aplicados de cada unidad experimental.	24
Tabla 13. Análisis del efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el área foliar de plantas de café var. Sarchimor, a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.....	28
Tabla 14. Efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el diámetro de tallo del café var. Sarchimor a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.....	29

Tabla 15. Efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el contenido de clorofila (SPAD) del café var. Sarchimor a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.	30
Tabla 16. Promedio de la Densidad e Índice Estomático de las plantas de café var. Sarchimor de cada tratamiento evaluado en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.	30
Tabla 17. Análisis del efecto de cuatro abonos orgánicos en la conductancia estomática en las hojas de plantas de Coffea arabica L. var. Sarchimor a los 30 y 120 DDA de los tratamientos	31

Índice de figuras:

Figura 1. Localización de la Quinta experimental y Docente “La Argelia”.	20
Figura 2. Ubicación del cultivo de café dentro de la Quinta Experimental “La Argelia”.	21
Figura 3. Esquema del diseño experimental (DBCA), para evaluar el comportamiento del cultivo de café variedad Sarchimor con la aplicación de abonos orgánicos.	25
Figura 4. Esquema diseño experimental (DPD)	25
Figura 5. Análisis del efecto de cuatro abonos orgánicos en la altura de plantas de Coffea arabica var. Sarchimor a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos de abonos orgánicos en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.....	29

Índice de anexos:

Anexo 1. Control cultural de arvenses.....	44
Anexo 2. Aplicación de cal agrícola.	44
Anexo 3. Etiquetado de tratamiento y repeticiones.	45
Anexo 4. Delimitación de repeticiones y colocación de etiquetas.	45
Anexo 5. Tratamientos listos para la aplicación.	45
Anexo 6. Etiquetado de plantas al azar.....	46
Anexo 7. Aporcado del cultivo.....	46

Anexo 8. Aplicación de abonos	46
Anexo 9. Peso de cada uno de los abonos para dosificar	46
Anexo 10. Medición del diámetro de tallo.	47
Anexo 11. Señalización para diámetro de tallo	47
Anexo 12. Medición del contenido de clorofila (Spad).....	47
Anexo 13. Señalización de hojas para mediar área foliar.	47
Anexo 14. Medida de altura de la planta.	47
Anexo 15. Toma de datos con porómetro.	47
Anexo 16. A) Señalización y aplicación de esmalte transparente. B) Levantamiento de película de esmalte transparente. C) Preparación de placa porta y cubre objeto para colocar la impronta de esmalte. D) Placas señaladas por tratamiento y planta.	48
Anexo 17. Observación de estomas y células epidérmicas con el microscopio Microscopio (Leica modelo DM 1000) con el lente 10X.	49
Anexo 18. Células epidérmicas de la hoja de café variedad Sarchimor en la Estación Experimental la Argelia.	49
Anexo 19. Estomas de las hojas de café variedad Sarchimor en la Estación Experimental la Argelia.	49
Anexo 20. Análisis del contenido de MO del suelo	50
Anexo 21. Análisis de acidez del suelo.	50
Anexo 22. Análisis test de tukey variable de área foliar.....	51
Anexo 23. Test de tukey variable diámetro de tallo.	51
Anexo 24. Análisis test de tukey variable altura de la planta.	52
Anexo 25. Análisis de varianza test de tukey variable contenido de clorofila (SPAD).....	52
Anexo 27. Análisis de varianza test de tukey variable de conductancia estomática. A) 30 DDA; B) 120 DDA.	53
Anexo 26. Análisis de varianza test de tukey variable. A) Número de estomas; B) Número de células epidérmicas; C) Índice estomático.	53
Anexo 28. Certificado de inglés.	54

1. Título

Efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia.

2. Resumen

A nivel mundial el café es reconocido como un cultivo de importancia económica especialmente para los agricultores. A nivel local la provincia de Loja ha obtenido reconocimiento nacional e internacional por producir café de altura de calidad; por lo tanto, resulta fundamental implementar tecnologías que incrementen la productividad y al mismo tiempo preserven el medio ambiente. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el desarrollo del cultivo de café establecido sin sombra con una edad de cuatro años frente a la aplicación de abonos orgánicos en la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Universidad Nacional de Loja. El diseño experimental fue bloques completamente al azar en el cual se establecieron cuatro tratamientos: bocashi de *Azolla* (T1), bocashi de pollinaza (T2), Nutrisano (T3), Eco abonaza (T4) y testigo (T5), con tres repeticiones obteniendo un total de 15 unidades experimentales. Las variables que se evaluaron fueron: altura de la planta, diámetro de tallo, área foliar, contenido de clorofila (SPAD), conductancia estomática, densidad e índice estomático. Los mejores resultados se obtuvieron a los 150 DDA con el tratamiento de bocashi de pollinaza y bocashi de *Azolla*, los cuales presentaron los promedios más altos en las variables del estudio en relación con los abonos de marca comercial y el testigo. En conclusión, el uso de abonos orgánicos contribuye con el desarrollo del cultivo de café var. Sarchimor.

Palabras clave: Café, abonos orgánicos, variables de crecimiento, variables fisiológicas, contenido de clorofila

Abstract

Coffee is recognized worldwide as a crop of economic importance, especially for farmers. Locally, the province of Loja has obtained national and international recognition for producing high quality coffee; therefore, it is essential to implement technologies that increase productivity and at the same time preserve the environment. Therefore, the objective of the current research was to evaluate the development of the coffee crop established without shade with an age of four years after the application of organic fertilizers in the Quinta Experimental Docente La Argelia of the National University of Loja. The experimental design was completely randomized blocks in which four treatments were established: *Azolla* bocashi (T1), pollinaza bocashi (T2), Nutrisano (T3), Eco abonaza (T4) and control (T5), with three replicates, obtaining a total of 15 experimental units. The variables evaluated were plant height, stem diameter, leaf area, chlorophyll content (SPAD), stomatal conductance, density and stomatal index. The best results were obtained at 150 DDA with the treatment of pollinaza bocashi and *Azolla* bocashi, which presented the highest averages in comparison with the commercial brand fertilizers and the control. In conclusion, the use of organic fertilizers contributes to the development of the Sarchimor coffee crop.

Keywords: Coffee, organic fertilizers, growth variables, physiological variables, chlorophyll content.

3. Introducción.

Desde la década pasada, la producción mundial de café (*Coffea arabica* L.) ha mostrado una tendencia creciente en producción y exportación agrícola, lo que representa un 60 % del mercado global; los mayores productores son Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia (Fisgativa, 2021). Según datos del Sistema de Integración Centro Americana (SICA) (2021), es uno de los productos de mayor importancia económica a nivel mundial, genera ingresos anuales para países exportadores mayores a USD 15 mil millones y ofrece una fuente de trabajo aproximadamente a 20 millones de personas a nivel mundial (SICA, 2023).

En Ecuador, según Valverde *et al.* (2017), el cultivo de café se encuentra distribuido en 23 de las 24 provincias, de modo que está relacionado con un amplio vínculo social, lo que representa una relevante importancia económica; cuenta con 199 215 ha cultivadas, y su mayor producción se concentra en las provincias de Manabí y Loja; ha llegado a generar empleo para alrededor de 105 000 familias que se relacionan netamente con la producción, a las que se añaden 700 000 familias que contribuyen a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación (Valverde *et al.*, 2020).

El principal problema que enfrenta la caficultura ecuatoriana es la disminución de la producción, según Fisgativa (2021), por la predominancia de cafetales viejos, disminución del área cultivada, escasos incentivos para la producción, limitada asistencia técnica y capacitación a los productores, condiciones meteorológicas adversas, escaso conocimiento tecnológico y carencia de un programa de estudio del lugar de adaptación del cultivo, entre otros. Sin embargo, se puede decir que el problema que requiere una mayor atención es la pérdida de nutrientes del suelo que la misma planta absorbe para realizar sus funciones; tal y como lo informó Dawid (2018), una hectárea de café de rápido crecimiento y alto rendimiento consume un total anual de alrededor de 135 kg de N, 34 kg de P₂O₅ y 145 kg de K₂O, los mismos que con el pasar del tiempo ya sea por lixiviados o por producción van a disminuir (Dawid & Hailu, 2018; Vásquez *et al.*, 2019). Este conjunto de efectos negativos ha originado graves consecuencias en la reducción de exportaciones, reducción de ingreso de divisas, disminución en la importación de materia prima, salida de divisas, reducción de ingresos para los productores, abandono de la actividad y migración campesina (Ponce *et al.*, 2018).

El uso y dependencia de fertilizantes de síntesis química no han sido una alternativa para suplir los nutrientes que el cultivo necesita, más bien ha creado una serie de problemas ambientales y

económicos difícilmente reversibles para las regiones, lo que a causado efectos negativos como la infertilidad de suelos, contaminación del agua y sobre todo que afectan a la salud, son antecedentes que han representado el alto costo de la agricultura convencional lo que ha llevado a varios agricultores a replantearse su forma de producir hasta el aprovechamiento de innumerables fuentes de residuos orgánicos como alternativas a la fertilización, recibiendo cada día mayor valor como medio eficaz de reciclaje racional de nutrimentos (Jácome *et al.*, 2021; Maradiaga *et al.*, 2017; Aguilar *et al.*, 2016).

Se pueden mejorar las características de los cultivos con el uso de tecnologías que contengan un mínimo impacto negativo en el medio ambiente, que permitan reutilizar los residuos producidos por las diversas actividades de granjas o fincas, como desechos de origen animal, sean de procedencia agrícola, forestal, industrial o domésticos; con manejo técnico se adicionarían al suelo con el propósito de perfeccionar sus propiedades físicas, biológicas y químicas, lo que puede mejorar no solo la producción, sino también la morfología de la planta. El uso del manejo integrado de la fertilidad podría ser la opción más atractiva dado que reduce costos como las cantidades de abono requeridas (Agüero y Alfonso, 2014; Chemura, 2014).

Hoy en día existe un sinnúmero de estudios sobre el uso en café de abonos orgánicos preparados de una manera tradicional, sin embargo, a pesar de comparar los mismos productos se obtienen resultados distintos, como por ejemplo un mejor resultado con aplicación de lombricomposta (Mosquera *et al.*, 2016) o mejores valores con aplicación de bocashi (Encalada *et al.*, 2018), diferencias observadas en gran parte por el uso de variedades distintas de café, siendo en el primer caso la variedad Castillo y en el segundo la variedad Caturra, por lo que es fundamental evaluar el efecto de este tipo de abonos en función de la variedad, es aquí donde surge la duda del por qué no seguir experimentando con otras variedades con tratamientos más actualizados, o hacer uso de abonos orgánicos procesados u obtenidos de una casa comercial, es por ello que en este proyecto se buscó evaluar la influencia de aplicación, y el posible efecto de estos compuestos, sobre un cultivo de café ya establecido, específicamente en la variedad Sarchimor, la cual según Pincay *et al.* (2022) es de la más utilizada por sus características únicas como resistencia a la roya, muy productiva, de buena calidad, y sobre todo que se puede adaptar a las características de la zona.

El presente trabajo está relacionado con la línea de la Universidad: **sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria**; con la línea de investigación de la carrera de agronomía: **tecnología para la producción y post producción agrícola sostenible**, también se

vincula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible hambre cero, salud y bienestar, trabajo decente y crecimiento económico. Es necesario mencionar que este proyecto forma parte del “Programa de investigación para la sostenibilidad de la caficultura de la zona sur del Ecuador”.

Con estos antecedentes se determinó el problema central y para cumplir en el propósito investigativo se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general.

- Determinar el efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia.

Objetivos específicos.

- Identificar el efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el crecimiento del cafeto en la Estación Experimental la Argelia.
- Describir el comportamiento fisiológico del cafeto con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en la Estación Experimental la Argelia.

4. Marco Teórico.

4.1. Importancia económica del café en el mundo y en el Ecuador

El café es el segundo artículo comercializado a nivel internacional, en el año 2021 se registró un flujo de 70 000 millones de dólares, cifra superada únicamente por el petróleo en relación con las exportaciones. Su procesamiento, transportación, comercio y mercadeo proporciona trabajo a millones de personas en todo el mundo (Chango *et al.*, 2021).

Según registros de la Asociación Nacional Ecuatoriana de Café (ANECAFÉ), los principales países destino de las exportaciones son Estados Unidos, España, Bélgica y Canadá; el valor de las exportaciones representa una entrada de divisas de casi 900 millones de dólares (Valencia, 2016).

En Ecuador en los últimos años de acuerdo a información estadística del Banco Central del Ecuador (BCE) (2019), las exportaciones no petroleras hasta el año 2019 ascendían a un monto total de 8 337 746 miles de dólares, de los cuales el 1,0 % que ascienden a 80 173 MDD pertenecen a envíos de café y productos derivados del mismo, de manera que se encuentran divididos en productos primarios con un total de 7 876 (9,82%) MDD y en productos industrializados con un total de 72 297 (90,2%) MDD (Arreaga *et al.*, 2021).

El mercado del café va creciendo continuamente conforme transcurre el tiempo, sin embargo, en los últimos períodos en el Ecuador debido a factores asociados a las malas prácticas y al mal uso de técnicas innovadoras, han causado que el producto ecuatoriano se quede inmovilizado obteniendo numerosas pérdidas en la entrada de divisas. Los ingresos que provienen de la comercialización tienen gran incidencia dentro del PIB de un estado puesto que, pese a que no son la principal actividad que sostiene la economía sí generan cantidades de divisas que permiten sostener y mantener en niveles positivos el crecimiento de esta (E. Arreaga *et al.*, 2021).

4.2. Producción de café a nivel mundial.

Según información del Instituto del café de Costa Rica, la producción promedio de Brasil en el año 2014 a 2015 fue del 32,6 %, seguido por Vietnam con un 19 %, Colombia con un 8,8 %, Indonesia con un 7,5 %, juntos aportan alrededor del 60 % de la producción total en aquel periodo (Figuroa *et al.*, 2019).

4.3. Producción a nivel nacional.

En Ecuador, el cultivo de café se da en la costa, sierra, oriente y Galápagos; por sus diversas características climáticas y edafológicas, es uno de los mejores producidos en América del Sur y

los más pretendidos en Europa y Estados Unidos. La mayor producción la tiene *Coffea arabica* L., y en menor cantidad el *Coffea canephora*, sin embargo, más del 95 % de las unidades productivas son sembradas con *Typica*, considerada una variedad de baja productividad del sector cafetalero (Jiménez & Massa, 2015).

En diciembre del 2014, la situación de la caficultura se resumía en los siguientes datos: superficie cosechada 140 000 ha, área de cafetales viejos 100 000 ha, producción del café arábigo 231,8 Kg/ha, producción de robusta 250 Kg/h, productividad a nivel nacional de 500 000 sacos de 60 kilos, consumo interno 200 000 sacos de 60 kilos, demanda de la industria 1 200 000 sacos de 60 kilos, capacidad instalada para exportación 500 000 sacos de 60 kilos, equivalente a una necesidad de 1 900 000 sacos de 60 kilos, por tanto, el déficit de producto sería de 1 400 000 sacos de 60 kilos (Ponce *et al.*, 2018).

En la provincia de Loja el cantón Espíndola se destaca en la producción de café debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas aptas para *Coffea arabica*, al igual que el cantón Puyango como principal productor de café de altura conocido así porque se cosecha a 1200 msnm, aportando con el 40 % de la productividad provincial (Jiménez & Massa, 2015).

4.4. Generalidades del cultivo.

4.4.1. Cultivo de café.

El café siempre ha sido parte importante de la historia del mundo, ya hace más de mil años. Su origen es en Etiopía y fue llevado del continente africano al de Asia atravesando el Mar Rojo y el golfo de Adén. De igual forma, se exportó a Yemen por medio del puerto de Moka, en esta época fue el momento en que facilitó la dispersión del café en toda Arabia. Los árabes fueron los primeros en extraer los granos de la planta, para luego exportaron su café a Persia, Turquía, Siria y Europa. Así fue como los europeos al poseer los granos de café, descubrieron la bebida, a partir de este tiempo el café se dio a conocer en todo el viejo continente y a través de los aventureros y embarcaciones se fue esparciendo su existencia en todo el mundo (E. Arreaga *et al.*, 2021).

El café no llegó al continente americano sino hasta el siglo XVIII a Norteamérica como respuesta al impuesto del té. Luego se dio su expansión a Surinam, América del Sur, Brasil, Venezuela, Cayena, el Caribe, México y Centroamérica (E. Arreaga *et al.*, 2021).

Dentro de la historia del Ecuador, no existen datos puntuales de cuándo el café tuvo origen de entrada al país, por ello desde el año de 1830 muchos investigadores han documentado la aparición de los primeros cultivos de café, cuando se encontraron ejemplares de café arábica en los recintos

de las Maravillas y el Mamey en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, años más tarde se reportó la llegada a territorios nacionales el café de tipo robusta al cantón Quevedo en la provincia de Los Ríos (E. Arreaga *et al.*, 2021).

4.4.2. Taxonomía

Pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies, de las cuales sólo tres son las que sobresalen como cultivadas comercialmente, sobresaliendo *Coffea arabica* L, *C. canephora* y *C. libérica*.

Según Smith y Marzocca (1981) el café taxonómicamente presenta la siguiente clasificación:

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>C. arabica</i> var. sarchimor

4.4.3. Descripción botánica de la planta de café.

El café es un arbusto o árbol pequeño, perennifolio, de tronco recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en los cultivos se les mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de 3 metros. La variedad sarchimor se originó del cruce de híbrido de timor CIFC 935/2 (conocido así por su alta resistencia a roya) y plantas de la variedad villa Sarchí. De este cruce se han derivado progenies como buenos resultados de variedades con características estables en diferentes países, son plantas de porte bajo, brote verde o bronce, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y mediana altura y buena taza. En Brasil se los conoce como tupí y obatá, en Honduras conocido como el parainema, en El Salvador como el custatleco, en Nicaragua el marsella. Cuando se desconoce su procedencia se llama simplemente sarchimor (Pérez *et al.*, 2015, pp. 19–20; Pincay *et al.*, 2022).

- **La raíz:** El sistema radicular es superficial estando el 60,0 % en los primeros 30 centímetros de profundidad y la raíz pivotante puede llegar a más de un metro de profundidad.

- **Tallo principal:** Dan origen a ramas plagiotrópicas primarias solamente. Tienen conexión vascular con el tallo desde el principio.
- **Hojas:** Son opuestas y alternas en el tallo ortotrópico y en ramas plagiotrópicas son opuestas. Son de color verde oscuro y brillante en la parte superior y verde claro en el interior. Ovals y terminan en punta, sus bordes son ondulados. Las hojas nuevas presentan una coloración bronceada o verde claro y después toman su coloración definitiva.
- **Flores:** Se localizan en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas. La corola es blanca y formada por 5 pétalos fusionados en su base, dando origen al tubo de la corola, el cual se encuentra inserto en la parte superior del ovario. El ovario, normalmente con dos lóculos, contiene un óvulo por lóculo, tiene cinco estambres con antenas, de color blanco y bifurcado en el estigma.
- **Fruto:** El fruto es una drupa de superficie lisa y brillante, de pulpa delgada fácilmente desprendible del pergamino. Cuando maduran los frutos son rojos o amarillos, con dos semillas. En ocasiones solo uno de los óvulos se fecunda y se desarrolla originando una semilla de forma redonda que se le conoce como café caracol. La café cereza se compone de la pulpa y café pergamino. La pulpa está formada por el epicarpio o cáscara o pellejo correspondiendo al 46 % del fruto. El mesocarpio o mucílago miel corresponde al 17,18 %. El café pergamino está constituido por el endocarpio o pajilla que representa el 18- 20 %. El espermodermo o película plateada representa el 0,2 % y el café verde se encuentra en 17-18 % del fruto.
- **Semilla:** Son oblongas, plano convexas, representan del 35,0 al 38,0% del fruto del café, están constituidas por el endocarpio o pergamino, una película plateada o perisperma, endosperma, cotiledón o embrión. El endospermo contiene muchos compuestos, entre los que destacan la cafeína, proteínas, aceites, azúcares, dextrina, celulosa, hemicelulosa, ácido clorogénico y minerales entre otros.

4.5. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café.

Algunos factores no se pueden controlar, como el clima y el tipo de suelo, pero otros dependen de las decisiones del productor y muchas veces se relacionan con el mercado y con las tecnologías disponibles, como la variedad de las plantas, el tipo de sombra, los programas de fertilización y las prácticas culturales (PROCAGICA, 2016).

4.5.1. La altitud (metros sobre el nivel del mar).

Este aspecto tiene una consecuencia directa sobre la temperatura, radiación y precipitación. Según el Programa Centroamericano de la Gestión Integral de la roya del Café, la altitud que se considera óptima para el desarrollo del cultivo está entre los 500 y los 1700 m.s.n.m. (PROCAGICA, 2016).

4.5.2. La precipitación anual.

Factor no controlable que afecta directamente a la producción, tanto por su cantidad como por su distribución, a lo largo del año. Es notable que la falta de agua durante los períodos de desarrollo del cultivo limita el crecimiento y la productividad. Las sequías muy prolongadas provocan la defoliación y pueden conducir a la muerte de la planta, por otra parte, la excedencia de lluvia, favorece el crecimiento de arvenses y la presencia de algunas plagas como barrenadores, ojo de gallo y rolla, por lo que al realizar controles fitosanitarios resulta ser muy difícil y costoso para los agricultores (PROCAGICA, 2016).

4.5.3. La temperatura.

El promedio anual más beneficioso para el café está entre los 17 y los 23 °C. Esta variable tiene como consecuencia que las bajas temperaturas provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes, mientras que las altas temperaturas generan estrés hídrico y defoliación (PROCAGICA, 2016).

4.5.4. La humedad relativa.

Debe ser menor al 85 %, caso contrario si es muy alta favorece el desarrollo de enfermedades fungosas. En este caso, la presencia de microclimas que producen sombra contribuye al crecimiento de la planta y al manejo adecuado de arvenses que inciden en la regulación de la humedad relativa (PROCAGICA, 2016).

4.5.5. El viento.

Los vientos fuertes provocan la desecación y el daño mecánico del tejido vegetal, es por ello que es necesario establecer barreras rompevientos (PROCAGICA, 2016).

4.6. Generalidades de los abonos orgánicos.

Constituyen un elemento esencial para la regulación de muchos procesos relacionados con la actividad agrícola; tiene varios usos como sustrato o medio de cultivo, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica y o reemplazo de los fertilizantes de síntesis química. El

planteamiento se sustenta a la implementación de un sistema de producción limpio y ecológico, así como en el empleo de técnicas básicas usadas en la agricultura orgánica, las mismas que han llegado a ser de vital importancia alrededor del mundo. Se puede decir que se destaca la incorporación de abonos orgánicos al suelo por contribuir al mejoramiento de sus características biológicas, físicas, químicas y sanitarias, para elevar la fertilidad de este. Los beneficios generados como el crecimiento vigoroso de raíces, floración, follajes y fructificación, permite a las plantas una rápida recuperación después de la cosecha, y una mayor resistencia contra plagas y enfermedades (Canseco *et al.*, 2020; Agüero & Alfonso, 2014).

4.7. Características de los abonos orgánicos.

4.7.1. *Azolla*

La *Azolla* realiza simbiosis con cianobacterias de la especie *Anabaena azollae*, la cual vive en las cavidades de las frondas del helecho, siendo capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la *Azolla* para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno. Investigaciones realizadas por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), de una propagación de 22,5 t ha mes, un equivalente de 600 Kg N ha año, encontraron que un peso seco del 5% produce un 7% de aporte de nitrógeno en base seca y un 37,5% de proteína. Montañó (2011) hace referencia a la fijación de nitrógeno y los costos de su utilización en cultivo de arroz, en el caso de aplicación de urea se obtiene un rendimiento productivo de 4,0 t ha y \$180,00 por costo de su aplicación y para la *Azolla* una producción de 5,7 t ha y \$25,00 de costos de su aplicación (Vargas *et al.*, 2017).

4.7.2. Pollinaza.

Contiene nutrientes que pueden ser digeridos por los pollos debido al alto contenido de suplementos en el alimento y al rápido tránsito del mismo por el aparato digestivo del ave, con un correcto preparado se puede elaborar abono orgánico concentrado y de rápida acción que contiene todos los nutrientes básicos indispensables para las plantas. La pollinaza contiene excretas de aves de pollo de engorda, la cual se presenta mezclada con el material que se utiliza como cama para las aves como aserrín y o pajas. La otra excreta avícola es la gallinaza, la cual contiene excretas de gallinas de postura. La mayoría de las personas tienden a confundirse, pero es importante diferenciarlas, pues el uso de la gallinaza tiene mayores restricciones (Ochoa & Morales, 2007; Peñaloza *et al.*, 2019).

4.7.3. Bocashi.

Es la elaboración de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de semidescomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos quimiorganótrofos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra (FAO, 2017).

No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural. Los materiales con los que se elaboran son muy conocidos por los productores y fáciles de conseguir localmente. Los diferentes materiales que se encuentran disponibles en las diversas zonas de trabajo, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las formulaciones o las recetas, haciéndolas más apropiadas a cada actividad agropecuaria o condición rural. Finalmente, los agricultores podrán experimentar un proceso de conversión de una agricultura envenenada hacia una agricultura orgánica, en un tiempo que puede oscilar entre uno y tres años de trabajo permanente (FAO, 2017).

4.7.4. Eco Abonaza

Es un abono orgánico semicompostado libre de patógenos que se deriva de la pollinaza proveniente de las granjas de engorde, la cual es compostada, clasificada y procesada para potenciar sus cualidades, se recomienda su aplicación al inicio y al final del invierno (Prefectura de Loja, 2015).

4.7.5. Nutrisano.

Elaborado en la Planta de Bioinsumos de Zapotepamba, cantón Paltas, provincia de Loja, se ha llegado a comercializar en varios cantones e incluso a nivel nacional. Es uno de los primeros productos de la planta, que la maneja el Área de Desarrollo Productivo de la Prefectura. Cerca de 3000 sacos de abono se producen al mes. El precio de venta es de 4,20 dólares el saco. Se promueve entre los productores cultivos limpios, libres de químicos (Prefectura de Loja, 2015).

El componente del abono Nutrisano de elevado rendimiento vegetal con materia prima seleccionada y compostada de alta calidad con un alto contenido de materia orgánica, permite que los suelos de Loja que son gravemente erosionados y degradados sean fértiles para la siembra de todo tipo de productos, pero principalmente para la siembra de café y maíz, insumos que se dan en gran medida en la provincia (Jumbo, 2015).

4.8. Fenología.

La diferenciación e iniciación de órganos o estructuras y se refiere al estudio de fenómenos biológicos vinculados a ciertos ritmos periódicos como la brotación, la floración, la fructificación, entre otros, y relacionados con el medio ambiente donde ocurren (Urbaez *et al.*, 2015).

4.8.1. Fenología del café.

Según Arcila *et al.* (2007), en un tiempo estimado de 3 años se pueden apreciar las épocas en que ocurren las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas de *Coffea arabica* L., luego de la siembra definitiva en el campo (Arcila *et al.*, 2007).

4.8.2. Fase de desarrollo vegetativo del café.

En la escala BBCH ampliada de Arcila *et al.* (2007) se identifican los estados principales del crecimiento y desarrollo del café y sus correspondientes estados secundarios, mediante un código decimal compuesto por dos dígitos, de 0 a 9, y comprende las etapas de germinación (**Tabla 2**), desarrollo de la hoja (**Tabla 3**), formación de ramas (**Tabla 4**) y elongación de ramas (**Tabla 5**).

Tabla 1. Descripción del desarrollo del café desde la siembra hasta la emergencia de las semillas: Estado principal de germinación y crecimiento cero (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
00	Semilla seca
01	Comienzo de la inhibición de la semilla
02	Se completa la inhibición de la semilla
05	La radícula brota de la semilla y aparece curvada
06	Elongación de la radícula
07	El hipocótilo sobresale del suelo
09	Emergencia de las semillas, han surgido desde el suelo

Tabla 2. Desarrollo de las hojas hasta que están completamente abiertas: Estado principal de crecimiento 1 (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
10	Cotiledones desplegados totalmente
11	Primer par de hojas abierto, pero aún no alcanzan su tamaño final.
12	2 pares de hojas abiertas, pero sin alcanzar su tamaño final
13	3 pares de hojas abiertas, pero sin alcanzar su tamaño final
14	4 pares de hojas abiertas
19	9 pares de hojas abiertas

Tabla 3. Estadio principal 2: Formación de ramas, desde el primer par hasta completar 90 pares de ramas (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
20	Primer par de ramas primarias visibles
21	Cero pares de ramas primarias visibles
22	Veinte pares de ramas primarias visibles
23	Treinta pares de ramas primarias visibles
29	Noventa más pares de ramas primarias visibles

Tabla 4. Estadio principal de crecimiento 3: Elongación de ramas a través de la formación de nudos (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
31	10 nudos presentes en las ramas
32	20 nudos presentes en las ramas
39	90 nudos presentes en las ramas

Pasado este tiempo de crecimiento vegetativo el árbol cada año presentará los siguientes crecimientos.

- **Crecimiento 1:** En el primer año de vida (Tercio inferior de la planta).
- **Crecimiento 2:** Segundo año de vida (Tercio medio de la planta).
- **Crecimiento 3:** Tercer año de vida (Tercio superior de la planta).

4.8.3. Fase de desarrollo reproductivo del café.

Comienza con la aparición de las primeras flores (**Tabla 5**). El período de iniciación de esta fase puede estar influenciado por la duración del día (fotoperiodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica.

Es considerado como primera floración el momento en que al menos el 50% de las plantas hayan florecido (**Tabla 6**). Luego la fase de reproducción continúa con el desarrollo del fruto (**Tabla 7**) y culmina con la maduración (**Tabla 8**).

El café es una planta perenne y que a plena exposición solar puede alcanzar su crecimiento y producción máxima entre los 6 y 8 años, luego la planta empieza a deteriorarse y su producción empieza a disminuir teniendo una rentabilidad con bajos niveles (**Tabla 9**). Esta fase de envejecimiento va asociada con la región en donde se ha establecido el cultivo, la luminosidad,

densidad de la siembra, disponibilidad de nutrientes, la presencia de plagas y enfermedades, entre otros.

Tabla 5. Estadio principal de crecimiento 5: Desarrollo de las inflorescencias desde que son yemas florales (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
51	Las yemas de las inflorescencias se observan como hinchamientos en las axilas foliares.
53	Las yemas de las inflorescencias se hacen visibles por encima de las estípulas.
57	Flores visibles, con sus corolas pegadas entre sí.
58	Flores visibles, separadas entre sí.
59	Flores con pétalos alargados (6 a 10 mm de longitud), aún cerrados.

Tabla 6. Crecimiento de las flores hasta que están completamente abiertas hasta un 90%: Estado principal de crecimiento 6 (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
60	Primeras flores abiertas
63	30% de las flores están abiertas
69	90% de las flores están abiertas

Tabla 7. Desarrollo del fruto desde el cuajado hasta que alcanza la madurez fisiológica: Estado principal de crecimiento 7 (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
70	Frutos visibles como pequeñas cerezas amarillentas.
71	Iniciación del crecimiento de la cereza.
73	Frutos de color verde claro y su contenido es líquido y cristalino.
75	Los frutos han alcanzado el 50% de su tamaño final.
77	Frutos han alcanzado el 70% de su tamaño final.
79	Frutos han alcanzado el 90% de su tamaño final (Madurez fisiológica)

Tabla 8. Desarrollo del fruto desde que inicia el cambio de color de verde a rojo hasta estar listo para cosecha: Estado principal de crecimiento (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
81	Se inicia el cambio de color del fruto de verde oliva a rojo amarillo.
85	Incremento en la intensidad del color rojo o amarillo del fruto.
88	Fruto está completamente maduro y listo para cosecha.
89	Sobre maduro comienzan a ennegrecerse o secarse los frutos.

Tabla 9. Inicio de la fase de senescencia del café con el final del crecimiento de los brotes y ramas: Estado principal de crecimiento 9 (Arcila *et al.*, 2007).

Escala	Descripción
90	Los brotes han alcanzado su desarrollo completo.
93	Las hojas más viejas cambian de color verde oscuro a un color amarillo.
94	El follaje se torna a un color verde oliva.
97	La zona de producción se traslada hacia la parte más superior del tallo.
98	La zona de producción se limita a unas pocas ramas de la parte superior de la planta.
99	Tratamientos de postcosecha o almacenamiento.

Luego de que se da el cuajado del fruto, se produce la maduración del fruto, cuyo proceso se desarrolla en cuatro etapas (repetitivo):

- **Etapa I:** Desde la floración hasta 50 días aproximadamente.
- **Etapa II:** Entre los 50 y 120 días, el fruto crece de manera acelerada y adquiere su tamaño final, y la semilla tiene consistencia gelatinosa.
- **Etapa III:** Entre los 120 y 180 días, la semilla completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.
- **Etapa IV:** Entre los 180 y los 224 días, el fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.

Se debe destacar que durante las etapas II y III se produce la mayor demanda de agua y de nutrientes por parte del fruto, por ello se debe garantizar la disponibilidad de ambos (Arcila *et al.*, 2007).

4.8.4. Fase de senescencia del café

Se considera que alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los 6 y los 8 años, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. El ritmo de envejecimiento depende de la región donde se establece el cultivo, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental entre otros (Arcila *et al.*, 2007).

4.9. Trabajos previos de la investigación.

Canseco *et al.* (2020) implementaron en Oaxaca, ciudad de México, alternativas ecológicas en relación con la producción de café, se evaluó el efecto de aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes en la dinámica del crecimiento de en plantas establecidas en campo var. *Typica* renovadas tres años atrás. Los abonos orgánicos evaluados fueron: Lombricomposta (L), Naturabono® (Na), Bio-Orgamin (Bo) y guano de murciélago (Gm). Los biofertilizantes fueron a base de bacterias del género *Azotobacter* sp. (Az) y una especie de hongo micorrízico *Glomus cubense* (Gc). Además de sus combinaciones, se añadió un testigo (T), para un total de 17 tratamientos. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas Tukey, dando con resultado que las de café respondieron positivamente a los abonos orgánicos y biofertilizantes, obteniendo significativamente mejores resultados para Az, con la combinación de Gm+ L+ Gb se registraron alturas de 216 cm, de igual forma con relación al número de nudos Ap fue el que más generó con un total de 56.33 nudos.

Aguilar *et al.* (2016) evaluaron la respuesta de las plantas de café en etapa de vivero, manejadas bajo el enfoque ecológico, investigación que se llevó a cabo en Villaflores, Chiapas, México, donde se registra un clima cálido subhúmedo. En este estudio se registraron datos a la respuesta de la aplicación de tres abonos orgánicos (composta, bocashi y vermiabono) con 13 tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de 39 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de 30 plántulas establecidas en bolsa de vivero de 13*20 cm. Los resultados indican que los abonos orgánicos composta y bocashi mostraron los mejores beneficios en la producción de plantas de café en la etapa de vivero, sobresaliendo la composta; para esta misma se cuantificó el mayor peso seco y verde de raíz, tallo y hojas, por lo que se considera como uno de los tratamientos más pertinentes para la producción de plántulas de café en la etapa de vivero.

Mosquera *et al.* (2016) generaron la hipótesis que, al utilizar abonos orgánicos para la fertilización del cultivo, se obtendría igual o mejores resultados que al aplicar la fertilización tradicional de la zona de estudio. Para ello se plantearon evaluar el efecto del bocashi y lombricompuesto como abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo y sanidad del cultivo de café; y determinar la influencia de la temperatura en la elaboración de bocashi. Los tratamientos fueron: bocashi, lombricompuesto. El estudio se desarrolló en tres diferentes sectores del municipio de Ocamonte, Santander, Colombia, para tener en cuenta la representación de las condiciones

climáticas de la región, donde se estableció la variedad Castillo. Se realizó análisis fisicoquímico de los suelos, para determinar los nutrientes disponibles para las plantas al momento de la siembra, de igual forma, se hizo análisis químico a los abonos orgánicos y así determinar su influencia sobre las variables evaluadas. Los resultados obtenidos permitieron aceptar la hipótesis, y aunque químicamente el bocashi registró mayores valores que el lombricomposto, este último indujo mejor respuesta en el desarrollo vegetativo del café.

5. Metodología.

5.1. Localización del estudio.

El estudio se llevó a cabo en la estación experimental y docente “La Argelia”, de la Universidad Nacional de Loja UNL, ubicada en la parroquia San Sebastián de la provincia y cantón Loja.

5.1.1. Ubicación geográfica y condiciones climáticas.

Según los datos reportados por la estación meteorológica la Argelia la temperatura media anual es de 17 °C y la temperatura máxima de 28 °C, humedad relativa máxima de 80 % y una humedad relativa mínima del 72, la ubicación geográfica que se encuentra detallada en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Datos de ubicación geográfica del sitio de estudio.

Datos	Descripción
Sitio	Quinta experimental la Argelia
Latitud	4° 2'14.58"S
Longitud	79°12'0.86"O
Altitud (m.s.n.m)	2113

Por otra parte, en la **Figura 1** se muestra el sitio de estudio, donde se puede apreciar la cabecera cantonal de Loja y la parroquia en la cual se está desarrollando el experimento, de igual manera en la **Figura 2** se observa el área delimitada del cultivo en estudio.

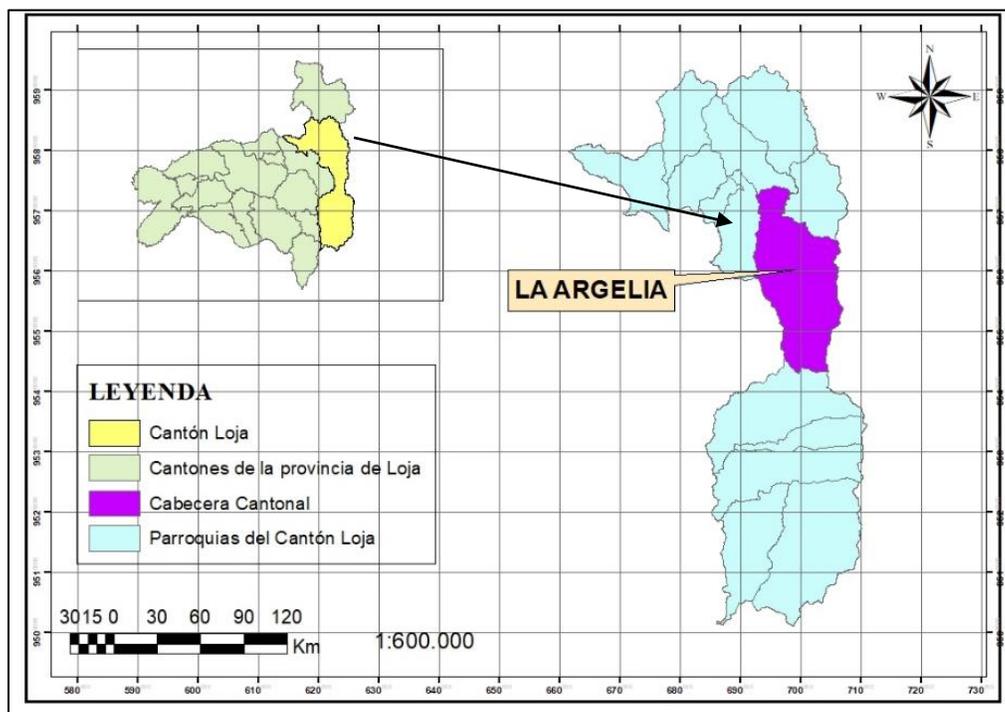


Figura 1. Localización de la Quinta experimental y Docente “La Argelia”.



Figura 2. Ubicación del cultivo de café dentro de la Quinta Experimental “La Argelia”.

5.2. Metodología general

El trabajo de investigación se ejecutó utilizando una plantación de café ya establecida de cuatro años, cuenta con un marco de plantación de 2,0 m entre hilera y 1,5 m entre planta, sembradas a pleno sol.

Antes de ejecutar el proyecto se realizaron análisis del suelo **Anexos 19 y 20**, los resultados reflejaron que el suelo tuvo un pH de 4,8 considerando que lo ideal para el desarrollo del cultivo es de 5,5 a 6,5 de pH, por lo cual se procedió a realizar una corrección de acidez con el uso de cal agrícola aplicando un total de 600 g por planta **Anexo 2**.

De igual forma, se determinó que el contenido de materia orgánica del suelo es de 1,9 % considerado bajo para el desarrollo del cultivo, ya que según Julca *et al.* (2006) el nivel deseable debe estar entre el 3 y 4 %. Para hacer una correcta aplicación de cada uno de los tratamientos y llegar a 2,5 % de materia orgánica (MO), se establecieron dosis utilizando los datos de análisis del suelo y de cada uno de los abonos, realizando el cálculo de masa del suelo para poder estimar la cantidad de masa orgánica.

- Cálculo de masa de la capa arable de una hectárea de suelo.

$$(CA = Superficie * da * Profundidad)$$

Donde:

Capa arable (CA)

Superficie: 10 000 m²

Densidad aparente (da): 1.3 t/m³ para suelo franco limoso.

Profundidad: 0.2 m

Se obtuvo que en un 2.5 % de MO se debe tener un total 65 000 Kg, lo que nos lleva a hacer una nueva relación con respecto a nuestro suelo que tiene un 1.9 % de MO lo que representa un total de 49 400 Kg de MO, lo que para llegar a un 2.5 % necesitamos adicionar 15 600 Kg de MO para una hectárea, se consideró hacer las respectivas aplicaciones alrededor de cada una de las plantas tomando en cuenta un diámetro de 0.8 m², realizando el respectivo cálculo nos queda 1.25 Kg de MO.

Con este último dato se pudieron realizar los cálculos de dosificación resumidos en la **Tabla 11**, en este caso se consideró que el 1.25 es el 100 % de MO para adicionar por planta, y se optó por hacer una relación para cada uno de los tratamientos por el motivo de no tener un mismo porcentaje de MO de los compuestos.

Tabla 11. Cálculos de dosificación para cada uno de los tratamientos.

Bocashi de <i>Azolla</i> (13.6 Kg de MO)	Bocashi de pollinaza (13.1 Kg de MO)	Nutrisano (65.75 Kg de MO)	Eco abonaza (61.5 Kg de MO)
B. <i>Azolla</i> MO	B. pollinaza MO	Nutrisano MO	E. abonaza MO
100 kg 13.6 kg	100 kg 13.1 kg	100 kg 65.75 kg	100 kg 61.5 kg
x? = 1.25	x? 1.25 kg	x? 1.25 kg	x? 1.25 kg
= 9,20 kg de MO	= 9,5 kg de MO	= 1.9 kg de MO	= 2.05 kg de MO

Para los tratamientos T1: Bocashi de *Azolla* y T2: Bocashi de pollinaza, considerando que la cantidad calculada sobrepasaba el diámetro establecido, se realizaron dos aplicaciones, la primera aplicación para el T1 con 4,55 Kg y para el T2 con 4,73 Kg, la segunda aplicación se la hizo luego de dos meses y medio tomando en cuenta las mismas cantidades de la primera aplicación (**Tabla 12**). Para los tratamientos T3: Nutrisano y T4: Eco abonaza se hizo una única aplicación a razón

que las cantidades establecidas 1,88 Kg para T3 y 2,04 Kg para T4, no sobresalían del diámetro establecido **Anexo 8**.

Se inició con la aplicación de los tratamientos los primeros días del mes de abril y culminaron a mediados del mes de septiembre del 2023, y las evaluaciones de las variables se realizaron cada 30 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos hasta el mes de octubre teniendo una duración de 7 meses. Cabe mencionar que antes de hacer la aplicación se hizo la delimitación y etiquetado de cada uno de los bloques con sus repeticiones, y de igual manera el etiquetado de cada una de las plantas a evaluar **Anexos 3 y 4**. También se realizaron otras labores culturales como el control de arvenses que se realizó de forma manual cada 15 días **Anexo 1**, al igual que un monitoreo para determinar si existía algún tipo de plagas o enfermedades. En relación al riego no se tomó en cuenta debido a la época invernal.

5.2.1. Tipo de investigación.

Este trabajo es una investigación de carácter experimental donde se determinó la influencia de abonos orgánicos en la plantación de café; así mismo, el enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que se realizaron diferentes mediciones tanto numéricas como morfológicas y fisiológicas en el desarrollo del proyecto, por último, el alcance de la investigación es causal comparativa, necesario para comparar las diferentes características que se plantearon en el estudio.

5.2.2. Diseño experimental.

Este trabajo tuvo un modelo de diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) como se puede observar en la **Figura 3**. Se aplicaron 5 tratamientos incluido el testigo con 3 repeticiones (**Tabla 12**), teniendo un total de 15 unidades experimentales (UE), cada unidad experimental fue conformada con 8 plantas con características homogéneas, de la cuales se evaluaron únicamente 5 plantas por unidad experimental teniendo un total de 75 plantas de café arábigo (*Coffea arabica* L) var. Sarchimor para el desarrollo del proyecto.

Tabla 12. Delineación del ensayo (DBCA) en café arábigo, var. Sarchimor, detalle de los tratamientos aplicados de cada unidad experimental.

Número de tratamientos	T1 (Bocashi de <i>Azolla</i>) T2 (Bocashi de pollinaza) T3 (Nutrisano) T4 (Eco Abonaza) T5 (Testigo)
Número de aplicaciones.	1 (T3; T4) 2 (T1; T2) (4.6; 4.75) kg
Número de repeticiones.	3
Número de plantas por unidad experimental (UE).	8
Número de unidades de estudio por unidad experimental.	5 plantas
Número de plantas para el desarrollo del proyecto.	75 unidades
Número de unidad experimental (UE).	15

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \mathcal{E}_{ij}$$

$$Y_{ijk} = \text{Error experimental}$$

$$\mu = \text{Media general del ensayo}$$

$$\tau_i = \text{Efecto fijo del tratamiento}$$

$$\beta_j = \text{Efecto fijo del bloque}$$

$$\mathcal{E}_{ijk} = \text{Error experimental}$$

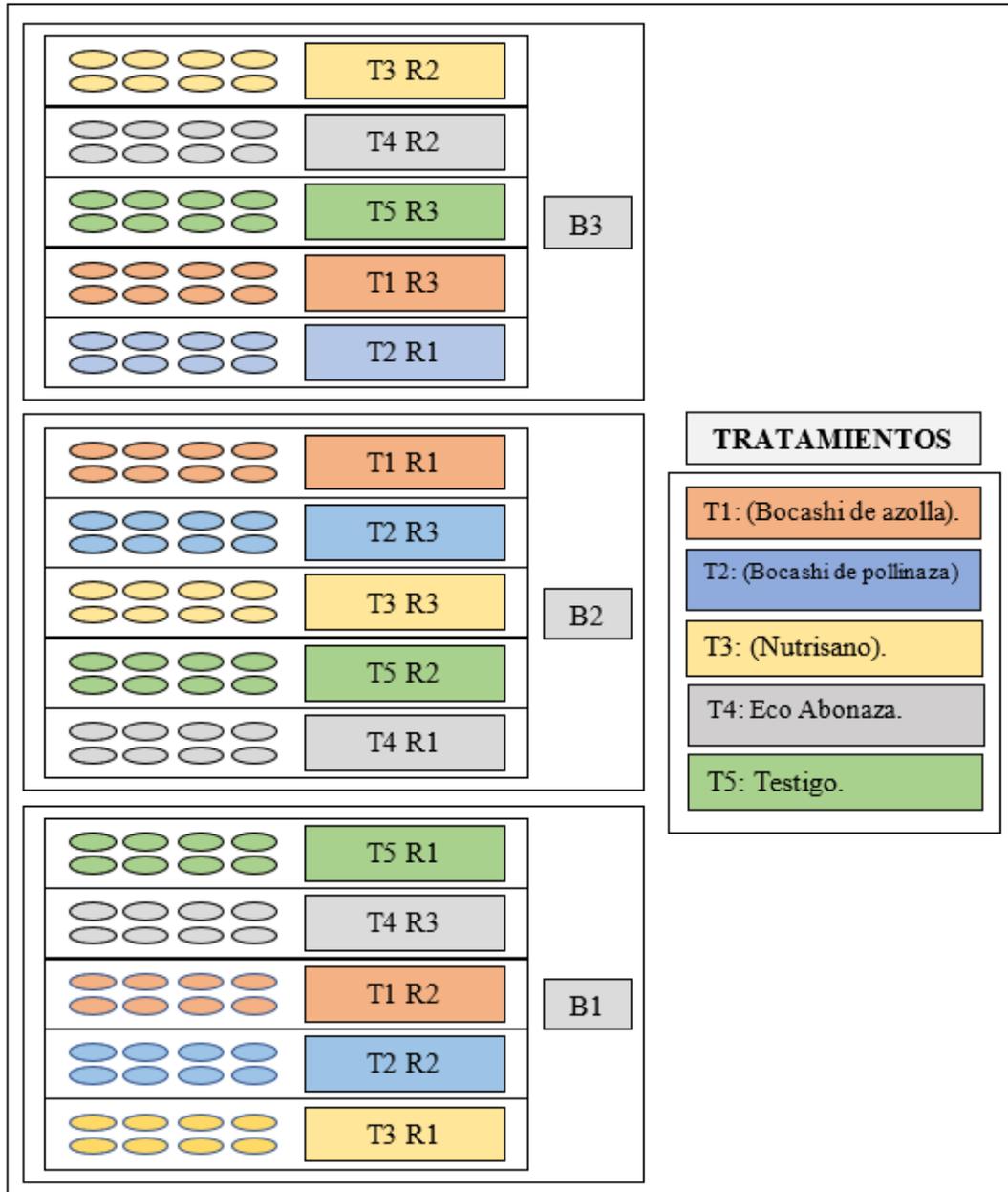


Figura 3. Esquema del diseño experimental (DBCA), para evaluar el comportamiento del cultivo de café variedad Sarchimor con la aplicación de abonos orgánicos.

5.3. Metodología para el objetivo 1: *“Identificar el efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el crecimiento del cafeto en la Estación Experimental La Argelia”.*

Para dar cumplimiento al primer objetivo y poder caracterizar el crecimiento, se midieron las siguientes variables, en las cinco plantas de cada UE cada 30 días, considerando para las hojas seleccionar tres en cada planta: una del estrato alto, otra del medio y otra del bajo.

5.3.1. Área foliar (AF).

Se consideró tres hojas: una ubicada en el tercio inferior, otra ubicada en el medio y otra en el superior, se determinó el área foliar mediante las medidas lineales de las hojas, el largo se midió desde la base de la hoja hasta su ápice terminal y ancho se hizo la medición desde el borde superior al borde inferior **Anexo 13**, usando un flexómetro expresado en cm (Zapata & Jiménez, 2016).

Con estas medidas se aplicó la siguiente fórmula (Soto, 1980):

$$AF = \{[0,64 * (L * A)] + 0,49\}$$

5.3.2. Diámetro del tallo (DT).

Se registró en un punto intermedio inferior a la inserción de la primera rama **Anexos 10 y 11** utilizando el calibrador de vernier expresado en cm (Zapata & Jiménez, 2016).

5.3.3. Altura de la planta (AP).

Se procedió a medir usando un flexómetro expresado en cm, desde la base del tallo hasta el ápice terminal del tallo principal **Anexo 14** (Zapata & Jiménez, 2016).

5.4. Metodología para el objetivo 2: “Describir el comportamiento fisiológico del cafeto arábigo con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en la Estación Experimental La Argelia”.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo y poder caracterizar el comportamiento fisiológico se realizaron las mediciones de las siguientes variables; el contenido de clorofila y la conductancia estomática se evaluaron cada 30 días y la densidad estomática con el índice estomático al final del estudio.

5.4.1. Contenido de clorofila (CC).

Se usó el dispositivo SPAD (Konica-Minolta, Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus) (**Anexo 12**), el cual realiza lecturas instantáneas en unidades SPAD y no destructivas basadas en la cuantificación de la intensidad de la luz, por ende, entrega una aproximación cercana de la concentración de N en la planta (Rodríguez *et al.*, 2009). Se consideró tres hojas: una ubicada en el tercio medio, otro en el medio y otra en el superior.

5.4.2. Densidad estomática (DE).

De cada una de las hojas seleccionadas del estrato alto, medio y bajo de la planta, se realizaron improntas con esmalte transparente, aplicando una ligera película de esmalte en la parte central específicamente en la superficie foliar abaxial y al secar, aproximadamente 120 segundos después,

se removió la película con ayuda de unas pinzas, la cual fue colocada en un portaobjeto obteniendo una impresión epidérmica de la hoja, luego fue tapada con el cubreobjeto y sellado con esmalte (**Anexo 16**).

Una vez realizado este procedimiento se realizó la observación y conteo de estomas bajo el Microscopio (Leica modelo DM 1000) con el lente 10X y dos campos visuales de 1 mm² seleccionados al azar (**Anexo 17**), las imágenes se pudieron observar de una mejor manera con la ayuda del programa Toup View.

5.4.3. Índice estomático (IE).

Se realizó un conteo de ambos campos de 1 mm² tanto para estomas (**Anexo 18**) como para células epidérmicas, con la ayuda de imágenes microscópicas tomadas desde el microscopio. Es muy importante tomar en cuenta que las células epidérmicas son las más abundantes y menos especializadas y se disponen unidas muy estrechamente sin dejar espacios intercelulares, su forma y tamaño suele ser muy variado que se pueden adaptar a la forma de la estructura que recubren (**Anexo 17**).

Se calculó el (IE) aplicando la siguiente fórmula (Bello & Escobar, 2015).

$$IE = \frac{E}{(E + CE)} \times 100$$

Donde:

E: Número de estomas

CE: Número de células epidérmicas.

5.4.4. Conductancia estomática (CE).

Se hizo uso de un instrumento llamado porómetro de hoja (**Anexo 15**), este mide la presión de vapor y el flujo de vapor sobre la superficie de la hoja (Pino *et al.*, 2019). De igual forma se determinó medir tres hojas del sustrato alto, medio y bajo de la planta.

6. Resultados

Los resultados de las diferentes variables evaluadas son las siguientes:

6.1. Área foliar (AF).

A los 120 DDA el mejor tratamiento fue el bocashi de pollinaza T2 que presentó el promedio más alto de área foliar con un total de 66.56 cm² con diferencia altamente significativa, mientras que el tratamiento que presentó un menor valor fue nutrisano y testigo. En la tabla **Tabla 13** se puede observar que los tratamientos empezaron a diferenciarse a partir de los 90 DDA manteniéndose con ese comportamiento hasta los 150 DDA.

Tabla 13. Análisis del efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el área foliar de plantas de café var. Sarchimor, a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

No	Tratamientos	Área foliar (cm ²)			
		Días después de la aplicación			
		30	60	90	120
		ns	Ns	**	***
T1	(Bocashi de <i>Azolla</i>)	42.63	46.90	57.08	59.79 ^a
T2	(Bocashi de pollinaza)	43.09	47.15	62.01	66.56 ^{ab}
T3	(Eco abonaza)	35.09	38.79	55.72	58.71 ^{ab}
T4	(Nutrisano)	36.24	39.45	51.91	54.60 ^b
T5	(Testigo)	32.28	33.89	36.84	40.97 ^c

ns= no significativo; P < 0.05 significativo (*); P < 0.01 muy significativo (**); P < 0.001 altamente significativo (***).

6.2. Diámetro del tallo (DT).

El tratamiento de bocashi de pollinaza T2 obtuvo un diámetro mayor, con un promedio de 2.96 cm a los 120 DDA. Los tratamientos que presentaron menor diámetro fueron: T1, T4, T3 y T5. Al realizar el análisis de varianza ANAVA se obtuvo que existió diferencia significativa específicamente con el tratamiento de bocashi de *Azolla* y pollinaza en relación con el testigo desde los 120 DDA (**Tabla 14**).

Tabla 14. Efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el diámetro de tallo del café var. Sarchimor a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

No	Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)			
		Días después de la aplicación			
		30	60	90	120
		ns	ns	ns	*
T1	(Bocashi de <i>Azolla</i>)	2.36	2.49	2.55	2.72 ^a
T2	(Bocashi de pollinaza)	2.55	2.70	2.78	2.96 ^{ab}
T3	(Eco abonaza)	2.29	2.33	2.42	2.61 ^{ab}
T4	(Nutrisano)	2.13	2.33	2.41	2.55 ^{ab}
T5	(Testigo)	1.96	2.06	2.12	2.17 ^b

ns= no significativo; P < 0.05 significativo (*); P < 0.01 muy significativo (**); P < 0.001 altamente significativo (***).

6.3. Altura de la planta (AP).

En la **figura 6** se observa que los valores con mayor altura de la planta se presentaron en los tratamientos de bocashi de pollinaza T2 con un promedio de 90.91 cm y en el tratamiento de bocashi de *Azolla* T1 con un promedio de 88.05 cm, y los tratamientos de marca comercial Nutrisano T3 y Eco Abonaza T4 presentaron un promedio de 87.50 cm y 78.55 cm respectivamente, existe una diferencia muy significativa con relación a los demás tratamientos a los 90 y 120 DDA.

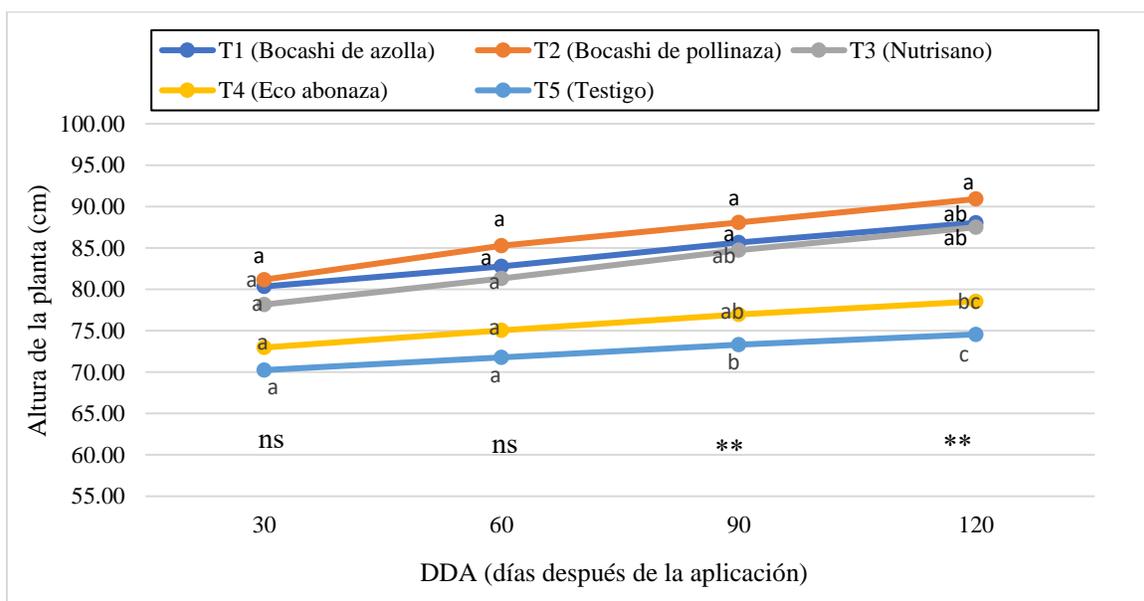


Figura 5. Análisis del efecto de cuatro abonos orgánicos en la altura de plantas de *Coffea arabica* var. Sarchimor a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos de abonos orgánicos en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

6.4. Contenido de clorofila (CC).

En relación al efecto en el contenido de clorofila (**Tabla 15**) se puede observar que a los 120 DDA el tratamiento de bocashi de pollinaza T2 produjo una media mayor de 91.42 unidades spad. Realizado el análisis de varianza se obtuvo que existió diferencia significativa en tratamiento de bocashi con el testigo.

Tabla 15. Efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos en el contenido de clorofila (SPAD) del café var. Sarchimor a los 120 DDA en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

No	Tratamientos	Contenido de clorofila (unidades spad)	
		Días después de la aplicación	
		30	120
		ns	*
T1	(Bocashi de <i>Azolla</i>)	81.37	87.11
T2	(Bocashi de pollinaza)	86.09	91.42
T3	(Eco Abonaza)	75.26	81.94
T4	(Nutrisano)	75.09	82.58
T5	(Testigo)	72.40	79.54

ns= no significativo; P < 0.05 significativo (*)

6.5. Densidad estomática (DE) y índice estomático (IE)

En la Tabla 16, se detalla la densidad e índice estomático determinado hasta la última fecha de evaluación 120 DDA que el mejor tratamiento en promedio con 248.33 unidades de estomas por 1mm² resultó ser el tratamiento de bocashi de pollinaza T2 y un índice estomático con un total de 21.64, seguido del tratamiento del tratamiento Nutrisano T3 con 217.83 estomas por 1mm², un índice estomático de 21.21, seguido de los tratamientos T1, T4 y T5.

Tabla 16. Promedio de la Densidad e Índice Estomático de las plantas de café var. Sarchimor de cada tratamiento evaluado en la Estación Experimental la Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

N	Tratamientos	120 días después de la aplicación		
		Número de estomas por 1mm ²	Número de células epidérmicas por 1mm ²	Índice estomático por 1mm ²
		***	*	ns
T1	Bocashi de <i>Azolla</i>	207.50 ^{ab}	774.50 ^{ab}	21.12 ^a
T2	Bocashi de pollinaza	248.33 ^a	899.50 ^a	21.64 ^a
T3	Nutrisano	217.83 ^a	810.50 ^{ab}	21.22 ^a
T4	Eco abonaza	216.17 ^a	850.67 ^{ab}	20.36 ^a
T5	Testigo	169.17 ^b	682.67 ^b	19.85 ^a

ns= no significativo; P < 0.05 significativo (*); P < 0.01 muy significativo (**); P < 0.001 altamente significativo (***).

6.6. Conductancia estomática (CE).

Tal y como se puede observar en la **Tabla 10**, dentro de la presente variable no existieron diferencias significativas, no obstante, el T2 (Bocashi de pollinaza) presento el promedio mayor con 201.48 mmol/m²/s, mientras que el tratamiento T4 (Testigo) resultó ser el menor promedio con 142.72 mmol/m²/s.

Tabla 17. Análisis del efecto de cuatros abonos orgánicos en la conductancia estomática en las hojas de plantas de *Coffea arabica* L. var. Sarchimor a los 30 y 120 DDA de los tratamientos

No	Tratamientos	Conductancia estomática (mmol/m ² /s)	
		Días después de la aplicación	
		30	120
		ns	ns
T1	(Bocashi de <i>Azolla</i>)	236.76	181.61
T2	(Bocashi de pollinaza)	250.74	201.48
T3	(Eco Abonaza)	226.44	179.45
T4	(Nutrisano)	224.37	182.23
T5	(Testigo)	215.28	142.72

ns= no significativo; P < 0.05 significativo (*).

7. Discusión

En la presente investigación resultó ser muy favorable la aplicación de abonos orgánicos en cuanto al desarrollo del café, los tratamientos que tuvieron un efecto positivo se presentaron en los tratamientos T1 bocashi de *Azolla* y T2 bocashi de pollinaza en relación a todas las variables evaluadas, lo que ha determinado ser los mejores al igual que lo informó Encalada *et al.*, (2018) y de acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA),(2017) indican que el bocashi tiene valores altos de materia orgánica, pH neutro que benefician la fertilidad del suelo.

Como primera variable evaluada el área foliar a los 90 y 120 DDA reflejó que sí existe diferencia significativa con el tratamiento bocashi de pollinaza, presentando la mayor media a diferencia del testigo, tal es el caso de Encalada *et al.* (2018) quien demuestra en su investigación que el efecto del bocashi influye en el crecimiento del área foliar, por lo que observó que el indicador está en relación directa con la disponibilidad de nutrientes, al igual del trabajo de investigación de (Raymundo, 2013), del cual encontró diferencia estadística significativa para área foliar por las diferentes proporciones de bocashi aplicadas, sosteniendo que el incremento de la proporción causa efectos positivos a la fertilidad de los suelos aportando nitrógeno y fósforo fundamentales para el desarrollo de la planta; tal y como se vió en el presente trabajo, en el cual sobresalió el tratamiento de bocashi considerando que su proporción es mayor a la de los demás tratamientos. A pesar de ello en un estudio diferente del cual habla sobre los niveles de sombra, las plantas con el 50 y 80 % de sombra invierten mayor proporción de fotoasimilados en el incremento del área foliar maximizando la captación de la luz disponible, a diferencia del nivel 0 % de sombra del que se observó un crecimiento lento (Córdova *et al.*, 2016).

Para la variable del diámetro de tallo no existieron diferencias estadísticas hasta los 120 DDA; sin embargo, el tratamiento de bocashi de pollinaza dio excelentes resultados y de superioridad frente al testigo; lo que concuerda con la investigación de Aguilar *et al.* (2016) indicando diferencias significativas entre dos tratamientos, obteniendo que el tratamiento de bocashi fue estadísticamente superior argumentando que el abono de tipo bocashi ofrece resultados beneficiosos como el mejorar la fertilidad física, química y biológica del suelo, mientras que el tratamiento de vermiabono cuantificó el menor grosor debido a que posee un material con un proceso bioquímico avanzado que proviene del tracto digestivo de las lombrices, lo que afecta negativamente en el desarrollo de las plantas de café limitando su desarrollo radicular, por otro

lado, Huamancayo (2011), al aplicar bocashi obtuvo mayor valor de diámetro en promedio en comparación con el testigo, resultados que pueden atribuirse a que el bocashi presenta en su composición 1.20 % de nitrógeno, que tiene gran influencia en el desarrollo del diámetro (Ventura, 2016).

Sin embargo, el crecimiento o engrosamiento del diámetro del tallo se atribuiría a la actividad del cambium, el cual va a estar influenciado por los factores externos e internos a través del tiempo, y dicho crecimiento va a depender de la actividad fotosintética y es posible que la mayor actividad cambie durante los meses de mayor temperatura y resulte una mayor área (Condori, 2022).

Por otra parte, al establecer la variable de la altura de la planta Encalada *et al.* (2018) en su estudio determinó la aplicación de bocashi como uno de los mejores tratamientos, obteniendo una media alta, de igual forma Condori (2022), a los 150 DDA tuvo valores significativos entre dosis de abono alcanzando una media alta de 81.25 cm en comparación con el testigo, datos que concuerdan con el presente proyecto obteniendo la mayor media con el tratamiento de bocashi de pollinaza en comparación con el testigo el cual tiene una media baja. Este resultado positivo también se debe a que el bocashi favorece la creación de una estructura duradera de agregados en el suelo a través de la relación de las arcillas con la materia orgánica, incrementando la capacidad de retención de agua, permiten una mejor interacción de microorganismos que autorregulan agentes patógenos en el suelo a través de la inoculación biológica natural principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos, levaduras, y ayudan a la activación de fitohormonas y fitorreguladores (Agüero & Alfonso, 2014; Sarmiento *et al.*, 2011; Sarmiento *et al.*, 2019).

Existe una similitud con los resultados obtenidos por Vásquez y Espinosa (2023) con el tratamiento bocashi de *Azolla* en cuanto a la variable de altura, diámetro de tallo, y sobre todo en el contenido de clorofila, argumentando que de este helecho acuático se puede aprovechar el nitrógeno del resultado de la simbiosis con la cianobacteria *Anabaena*, indicando que si existe la cantidad suficiente de nitrógeno existe una mayor cantidad de clorofila, si existen valores altos quiere decir que la planta está sana, y que de igual forma va a existir una buena asimilación y síntesis de minerales, mejorando las condiciones de nutrición de la planta, de igual forma Reis *et al.* (2009) menciona que las plantas deficientes de N tendrán tasas fotosintéticas bajas, pero, si existe una aplicación eficiente de N a tiempo con la cantidad adecuada se puede mejorar la capacidad fotosintética del cultivo de café incrementando el contenido de clorofila.

Con respecto a las variables fisiológicas se realizaron pruebas con análisis de Anova al inicio y al final de proyecto. En cuando a la densidad e índice estomático se lo realizó una única vez en la fecha de seguimiento a los 120 DDA, del cual se obtuvo como mejor tratamiento al bocashi de pollinaza T2 en cuanto al testigo que se observó un promedio muy bajo. En este estudio por el momento no se puede afirmar si los resultados se deben por la influencia o no de la aplicación de los abonos orgánico debido a que la morfología y anatomía foliar de este cultivo tiene mucha influencia con el nivel de exposición solar, tal y como lo afirma Encalada *et al.* (2016) en su investigación, la mayor cantidad estomática se registró en plantas de café expuestas a pleno sol y que se registró una disminución significativa a medida que la sombra aumentó, de igual forma se lo puede ratificar en otro estudio de café donde las hojas expuestas a pleno sol presentaron un número promedio mayor de estomas, (Larramendi *et al.*, 2016; Encalada Córdova *et al.*, 2016).

En el caso de la conductancia estomática se determinó el valor mayor para el tratamiento de bocashi de pollinaza T2, tal y como ya se lo ha comentado este tipo de abonos por ser considerado un buen acondicionador ayuda a retener la humedad del suelo previniendo el estrés hídrico y a propiciar el desarrollo, distribución y actividad del sistema radical del cultivo (C. Aguilar *et al.*, 2016; Sarmiento *et al.*, 2019). (A. Medina *et al.*, 2023) mencionan que la conductancia estomática es un parámetro que determina el grado de apertura estomática y/o en consideración del número de estomas abiertos o cerrados, presentes específicamente en el envés de las hojas, tienen la capacidad de regular la pérdida de vapor de agua y el ingreso de CO₂, por tal, reduce o incrementa la transpiración, a mayor interacción de los estomas se promueven los procesos fotosintéticos, es decir, que la apertura o cierre de estomas está regulada en las hojas por factores ambientales como la luz o disponibilidad de agua (Pillasca *et al.*, 2019).

En cuanto a los demás tratamientos en el estudio de evaluación del efecto de la aplicación de vermicompost, hongos micorrízicos y abono orgánico utilizando el Nutrisano en un cultivo de café (Calderón y Loján, 2022), obtuvieron mejores resultados en la aplicación de sustrato más vermicompost que podría deberse a que este tratamiento incrementa la disponibilidad de nutrientes como P, K, Ca y Mg favoreciendo el incremento de poblaciones de microorganismos para llevar a cabo reacciones de mineralización y humificación que facilitan la absorción de nutrientes por parte de la planta, lo que influye en su desarrollo, y en el caso del Nutrisano se obtuvo que únicamente fue mejor en cuanto a MO sosteniendo que el café requiere en mayor cantidad N, P y K y en menor cantidad Ca, Mg, Cu, Mn y Zn y que la ausencia o la cantidad de uno de estos nutrientes en el

Nutrisano puede afectar en el crecimiento. En cuanto al uso del tratamiento Eco abonaza en el presente estudio no tuvo tanto éxito como el tratamiento de bocashi de pollinaza considerando la cantidad aplicada, a diferencia del trabajo de Ulloa (2019) quien tuvo resultados exitosos con el uso de Eco abonaza al haber aplicado cantidades iguales por tratamiento, señalando que se debe a que al aportar fuentes orgánicas ricas en fósforo ayuda al desarrollo aéreo y radicular de la planta.

8. Conclusiones

- A los 120 días después de la aplicación de cuatro abonos orgánicos, los mejores resultados se registraron en bocashi de pollinaza y bocashi de *Azolla*, los cuales presentaron los valores mayores en todos los indicadores de crecimiento evaluados a los 120 d.
- La adición de abonos orgánicos no influyó sobre las variables fisiológicas como el contenido de clorofila y la conductancia estomática en el café a los 120 días después de la aplicación por tener un estado vegetativo avanzado.

9. Recomendaciones

- Evaluar nuevos u otros insumos orgánicos para fertilización y poder disminuir costos de producción.
- Realizar el cálculo de dosificación exacta, de esta manera poder aplicar su dosis respectiva a cada planta sin que el tratamiento pueda llegar a faltar.
- Señalar las partes en la que se realizaron las medidas en especial del tallo como de las hojas, para llevar un mejor control de su crecimiento.
- Continuar con la investigación para obtener mejores conclusiones, en especial lo relacionado con el rendimiento.

10. Bibliografía

- Abelardo Ponce Vaca, L. I., Dionicio Orellana Suarez, K. I., Rolando Acuña Velásquez, I. I., Luis Alfonso Alemán, J. I., & Fuentes Figueroa, T. I. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios Del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307–325. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Agüero, D., & Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para los suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52–59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>
- Aguilar, C., Alvarado, C., Martínez, F., Galdámez, J., Gutiérrez, A., & Morales, J. A. (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *SIEMBRA*, 3(1), 11–20. <https://doi.org/10.29166/SIEMBRA.V3I1.211>
- Arcila, J., Farfan, V., Moreno, B., Salazar, G., & Hincapie, G. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Renovación y Administración de Los Cafetales Para Estabilizar La Producción de La Finca; Chinchiná, Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>
- Arreaga, E., Quezada, J., Barrezueta, S., Cervantes, A., & Prado, E. (2021). Impacto económico generado por la producción cafetalera en Ecuador en el periodo 2016- 2019. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(6), 83–91. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.6.732>
- Bello, I. Á., & Escobar, I. M. R. (2015). Efecto del pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(3), 82–87. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193242312021>
- Calderón, T., & Loján, P. (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de vermicompost enriquecido con bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrízicos en el desarrollo del café (*coffea arabica*) (Tesis Ingeniero Agropecuario, UTPL) [UTPL]. http://200.31.31.137:8080/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=subject&filter_type_1=equals&filter_value_1=MODELO+DE+NEGOCIO&filter_field_2=subject&filter_type_2

=equals&filter_value_2=NUTRICI%C3%93N&filter_field_3=subject&filter_type_3=equals&filter_value_3=ENFERMEDADES&etal=0&filtername=subject&filterquery=TESIS+D E+GRADO&filtertype=equals

- Canseco, D., Villegas, A., Castañeda, E., Carrillo, J., Robles, C., Santiago, G., Canseco, D., & Robles, C. (2020). Respuesta de café (*coffea arabica* L.) a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *REMEXCA*, *11*(6), 1285–1298. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V11I6.2612>
- Chango, Y., Mireyka, A., Osiris, J., & Regalado, G. (2021). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *América X-Pedientes Económicos*, *5*(12), 65–80. https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/63
- Condori, C. (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de bocashi en plantas de cacao (*theobroma cacao* L.) injertadas con diferentes técnicas, en campo definitivo en el Ceibo RL. Sapecho, Bolivia (Tesis). <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30150>
- Córdova, M. E., Carreño, F. S., & Guevara, D. M. (2016). Crecimiento de posturas de cafeto (*coffea arabica* L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, *37*(2), 72–78. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681>
- Dawid, J., & Hailu, G. (2018). Requerimiento de Fertilizantes Inorgánicos del Café (*coffea arabica* L.). *Journar of Biology, Agriculture and Healthcare*, *8*(21). <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/45147/46590>
- Encalada, M., Carreño, S., Guevara, M., & Bello, Á. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*coffea arabica* L. cv. caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*, *37*, 89–97. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>
- Encalada, M., Fernández, P., Nohemí, J., Antonio, A., & Luis, R. (2018). Evaluación del crecimiento de plántula de café (*coffea arabica* L., c.v. caturra) en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Bosques Latitud Cero*, *8*(1), 70–71. https://www.researchgate.net/publication/333856107_Evaluacion_del_crecimiento_de_plan

tulas_de_Coffea_arabica_L_cv_caturra_en_condiciones_de_vivero_con_diferentes_sustratos_y_recipientes

FAO. (2017). Elaboración y uso del bocashi Ministerio de Agricultura y Ganadería Programa especial para la seguridad alimentaria en el Salvador R-G C P / E L S / 0 0 7 / S P A. <https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>

Figueroa, E., Pérez, F., Godínez, L., Figueroa, R., & Zumpango, J. (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 14(1), 41–56. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>

Fisgativa, D. (2021, July 1). Producción mundial de Robusta: *Cómo influye en el precio del café*. <https://perfectdailygrind.com/es/2021/07/01/produccion-mundial-de-robusta-como-influye-en-el-precio-del-cafe/>

Huamancayo, G. (2011). "Efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (*theobroma cacao L.*) fase vivero en Santa Rosa. (Tesis). *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/431/T.CSA-48.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jácome, D., Ramos, L., Murillo, R., & Villafuerte, W. (2021). Crecimiento y desarrollo de variedades de café (*coffea robusta p.*) en el subtrópico ecuatoriano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 15187–15199. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V5I6.1482

Jiménez, A., & Massa, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, XL(40), 117–137. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195648804006>

Julca, A., Meneses, L., Sevillano, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>

Jumbo, E. (2015). *Más productores aplican abono orgánico Nutrisano - GPL*. <https://prefecturaloja.gob.ec/mas-productores-aplican-abono-organico-nutrisano/>

- Larramendi, L., Hernández, F., Castro, H., Flores, M., Castañeda, J., & Ruiz, R. (2016). Anatomía foliar relacionada con la ruta fotosintética en árboles de café (*coffea arabica* L., var. Caturra Rojo) expuestos a diferentes niveles de radiación solar en la Sierra Maestra, Granma, Cuba. *Acta Agronómica*, 65(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.46731>
- Medina, A., Carrillo, A., & Suárez, C. (2023). Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3303>
- Mosquera, A., Melo, M., Quiroga, C., Barahona, M., Galindo, F., Prieto, S., & Rodríguez, A. (2016). Evaluación de Fertilización Orgánica en cafeto (*coffea arabica*) con pequeños productores de Santander, Colombia. *Temas Agrarios*, 21(1), 90–101. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21897/rta.v21i1.894>
- Ochoa, A., & Morales, J. (2007). Uso de pollinaza y gallinaza en la alimentación de rumiantes. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/161.pdf>
- Figuerola, E., Pérez, F., & Godínez, L. (2015). La producción y el consumo del café. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/64936>
- Pillasca, H., Durand, Z., Vásquez, A., Bazalar, G., & Meza, M. (2019). Índice estomático relacionado con caracteres morfológicos de especies arbustivas de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. *Infinitum...*, 9(1). <https://doi.org/10.51431/INFINITUM.V9I1.528>
- Pincay, J., Ardisana, H., Torres, A., & Fosado, T. (2022). Germinación de café (*coffea arabica* L., var. Sarchimor) con bioestimulantes y efecto posterior de estos sobre el crecimiento de plántulas. *La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, N°. Extra 0, 2022, 27(36), 7. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4097
- Pino, E., Montalván, I., Vera, A., Ramos, L., Pino, E., Montalván, I., Vera, A., & Ramos, L. (2019). La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo de olivo (*olea europaea* L.), en zonas áridas. La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*, 37(4), 55–64. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000400055>

- Ponce, L., Dionicio, K., Acuña, I., Alemán, A., & Fuentes, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios Del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307–325. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- PROCAGICA. (2016). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Guía Práctica de Caficultura. <https://iica.int/sites/default/files/2020-11/impresion%20GPCAFI%2010.2020.pdf>
- Raymundo, J. (2013). Aplicación de diferentes proporciones de bocashi en la producción de plántones de dos cultivares de cacao híbrido e Imc-67. (Tesis) Universidad Nacional Agraria de la Selva. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2526/TS_JKRC_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, A., Favarin, J., Malavolta, E., Lavres, J., & Ferreira, M. (2009). Lecturas de fotosíntesis, clorofilas y SPAD en hojas de café en relación con el suministro de nitrógeno. *ResearchGate*, 40(9–10), 1512–1528. <https://doi.org/10.1080/00103620902820373>
- Rivera, L., Vargas, O., Cun, M., & Rodríguez, I. (2017). Comportamiento de la *Azolla* (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Cumbres*, 3(2), 95–105. <https://doi.org/10.48190/CUMBRES.V3N2A9>
- Sarmiento, G., Amézquita, M., & Mena, L. (2019). Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 55–61. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2019.01.06>
- SICA. (2023). *Situación del Café en Centroamérica - Portal del SICA*. <https://www.sica.int/Iniciativas/cafe>
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *C. arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas (Vol. 2). <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.050591#details>
- Ulloa, A. (2019). “Evaluación Agronómica de Plantas De Café Árabe Mediante Dos Sistemas De Crianza Y Tres Alternativas De Fertilización A Nivel De Vivero” (Tesis Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica de Babahoyo) [Trabajo de titulación, Universidad

Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6738/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000078.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Urbaez, M., Silva, R., Natera, J., & Padilla, S. (2015). Fenología de la floración del cafeto var. Catuai Rojo en el municipio Caripe del estado Monagas, Venezuela. *IDESIA (Arica)*, 33(1), 59–67. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100007>

Valencia, K. (2016). Competitividad de las exportaciones de café de Colombia, Guatemala y México hacia el mercado estadounidense (2001-2014). *CIENCIA ergo-sum*, 23(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5713922>

Valverde, Y., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchán, W., & Gabriel, J. (2020). Los bioestimulantes. *Selva Andina Research Society*, 11(1), 18–28. <https://doi.org/10.36610/J.JSARS.2020.110100018>

Vásquez, E., & Espinosa, N. del C. (2023). Efecto del nitrógeno bien expresado en la fase inicial del cultivo de café (*coffea arabica* L.) en “La Argelia” del cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 104–117. <https://doi.org/10.54753/BLC.V13I2.1867>

Ventura, M. (2016). “Estudio estratégico para la producción y venta de abono orgánico tipo bocashi”. (Tesis) Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6119/FC-CA-M-2016-1807.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11. Anexos



Anexo 1. Control cultural de arvenses.



Anexo 2. Aplicación de cal agrícola.



Anexo 3. Etiquetado de tratamiento y repeticiones.



Anexo 4. Delimitación de repeticiones y colocación de etiquetas.



Anexo 5. Tratamientos listos para la aplicación.



Anexo 6. Etiquetado de plantas al azar



Anexo 7. Aporcado del cultivo



Anexo 9. Peso de cada uno de los abonos para dosificar



Anexo 8. Aplicación de abonos



Anexo 11. Señalización para diámetro de tallo



Anexo 10. Medición del diámetro de tallo.



Anexo 12. Señalización de hojas para medir área foliar.



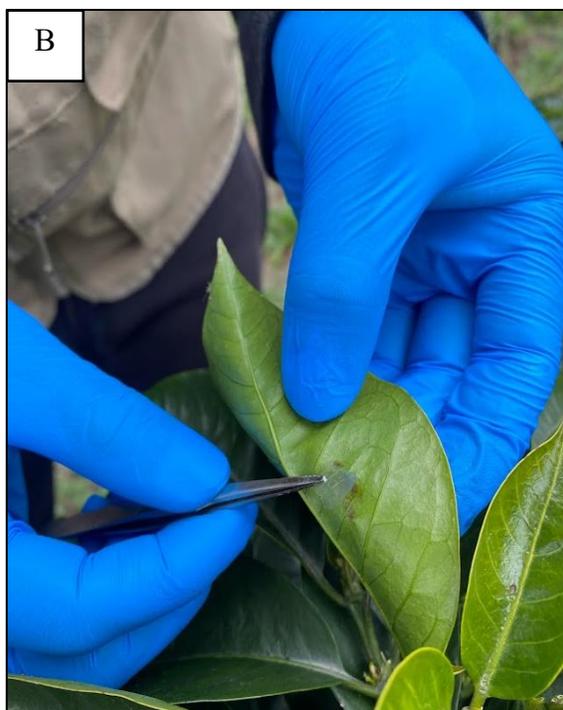
Anexo 13. Medición del contenido de clorofila (Spad)



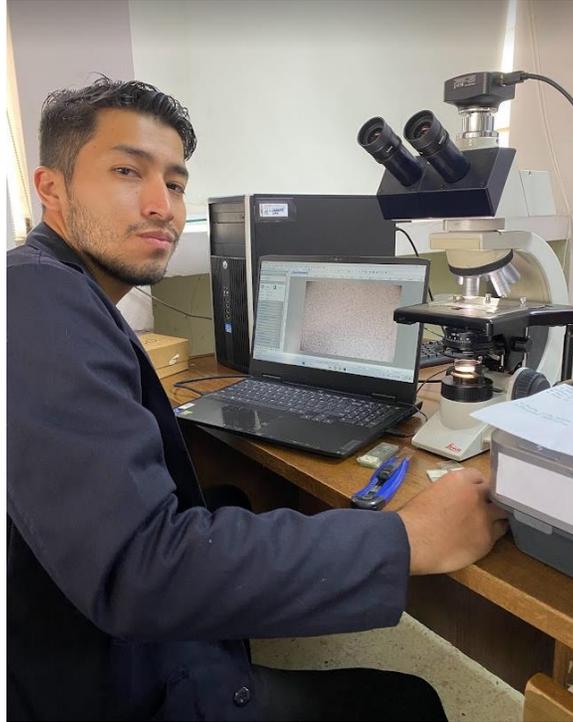
Anexo 14. Toma de datos con porómetro.



Anexo 15. Medida de altura de la planta.



Anexo 16. A) Señalización y aplicación de esmalte transparente. **B)** Levantamiento de película de esmalte transparente. **C)** Preparación de placa porta y cubre objeto para colocar la impronta de esmalte. **D)** Placas señaladas por tratamiento y planta.



Anexo 17. Observación de estomas y células epidérmicas con el microscopio Microscopio (Leica modelo DM 1000) con el lente 10X.



Anexo 19. Estomas de las hojas de café variedad Sarchimor en la Estación Experimental la Argelia.



Anexo 18. Células epidérmicas de la hoja de café variedad Sarchimor en la Estación Experimental la Argelia.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.cept@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

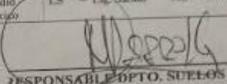
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre	: CUENCA ORTIZ KLEVER IVAN			Nombre	: Jonathan Cordero			Cultivo Actual	: Café		
Dirección	: LOJA / LOJA			Provincia	: Loja			N° de Reporte	: 10718		
Ciudad	: LOJA			Cantón	: Loja			Fecha de Muestreo	: 15/3/2023		
Teléfono	: 0992221989			Parroquia	:			Fecha de Ingreso	: 17/3/2023		
Fax	: klever_77@hotmail.com			Ubicación	:			Fecha de Salida	: 29/3/2023		

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l) ^{1/2}	ppm	Textura (%)			Clase Textural		
	Al+H	Al	Na			Mg	K	K	Σ Bases	RAS		Cl	Arena	Limo		Arcilla	
109475					1.9	B	2.2	4.29	13.81	3.11							Franco-Limoso

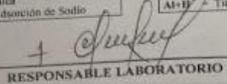


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl		C.E.	= Conductividad Eléctrica	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	M = Medio	M.O.	= Materia Orgánica	
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	A = Alto	Al+H	= Titulación con NaOH	
T = Toxicó					RAS	= Relación de Adsorción de Sodio	



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 20. Análisis del contenido de MO del suelo



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.cept@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

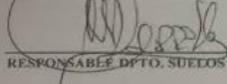
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre	: CUENCA ORTIZ KLEVER IVAN			Nombre	: Jonathan Cordero			Cultivo Actual	: Café		
Dirección	: LOJA / LOJA			Provincia	: Loja			N° Reporte	: 10718		
Ciudad	: LOJA			Cantón	: Loja			Fecha de Muestreo	: 15/3/2023		
Teléfono	: 0992221989			Parroquia	:			Fecha de Ingreso	: 17/3/2023		
Fax	: klever_77@hotmail.com			Ubicación	:			Fecha de Salida	: 29/3/2023		

N° Muest.	Datos del Lote		pH	meq/100ml					ppm																		
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B													
109475	Jonathan Cordero		4.8	MAc	RC	31	M	34	A	0.21	M	2	B	0.9	B	8	B	2.3	M	4.8	A	104	A	24.7	A	0.39	B

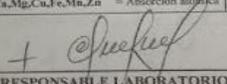


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

INTERPRETACION				EXTRACTANTES	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	N,P,B
Ac = Acido	PN = Paso. Neutro	MAc = Media. Alcalino	B = Bajo	M = Medio	= Colorimetria
MAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	A = Alto	A = Alto	S
					= Turbidimetria
					K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
					= Absorción atómica



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 21. Análisis de acidez del suelo.

Area

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Area	15	0.88	0.83	7.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1148.22	4	287.05	17.81	0.0002
Tratamientos	1148.22	4	287.05	17.81	0.0002
Error	161.21	10	16.12		
Total	1309.42	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.78909
 Error: 16.1207 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 (Bocashide pollinaza)	67.56	3	2.32 A
T1 (Bocashi de Azolla)	59.79	3	2.32 A B
T4 (Eco abonaza)	58.71	3	2.32 A B
T3 (Nutrisano)	54.60	3	2.32 B
T5 (Testigo)	40.97	3	2.32 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 22. Análisis test de tukey variable de área foliar.

Diámetro

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro	15	0.60	0.43	10.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.00	4	0.25	3.68	0.0431
Tratamientos	1.00	4	0.25	3.68	0.0431
Error	0.68	10	0.07		
Total	1.68	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70021
 Error: 0.0679 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 (Bocashide pollinaza)	2.96	3	0.15 A
T1 (Bocashi de Azolla)	2.72	3	0.15 A B
T4 (Eco abonaza)	2.61	3	0.15 A B
T3 (Nutrisano)	2.55	3	0.15 A B
T5 (Testigo)	2.17	3	0.15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 23. Test de tukey variable diámetro de tallo.

Altura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	15	0.74	0.64	5.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	585.42	4	146.36	7.25	0.0052
Tratamientos	585.42	4	146.36	7.25	0.0052
Error	201.81	10	20.18		
Total	787.23	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.07158
 Error: 20.1810 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 (Bocashide pollinaza)	90.91	3	2.59 A
T1 (Bocashi de Azolla)	88.05	3	2.59 A B
T3 (Nutrisano)	87.50	3	2.59 A B
T4 (Eco abonaza)	78.55	3	2.59 B C
T5 (Testigo)	74.56	3	2.59 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 24. Análisis test de tukey variable altura de la planta.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Spad	15	0.61	0.46	4.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	268.33	4	67.08	3.94	0.0357
Tratamientos	268.33	4	67.08	3.94	0.0357
Error	170.17	10	17.02		
Total	438.50	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.08510
 Error: 17.0174 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 (Bocashide pollinaza)	91.42	3	2.38 A
T1 (Bocashi de Azolla)	87.11	3	2.38 A B
T3 (Nutrisano)	82.58	3	2.38 A B
T4 (Eco abonaza)	81.94	3	2.38 A B
T5 (Testigo)	79.54	3	2.38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 25. Análisis de varianza test de tukey variable contenido de clorofila (SPAD).

Número de estomas						A
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Número de estomas	30	0.53	0.45	12.49		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	19357.47	4	4839.37	6.92	0.0007	
Tratamientos	19357.47	4	4839.37	6.92	0.0007	
Error	17481.33	25	699.25			
Total	36838.80	29				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=44.83752						
Error: 699.2533 gl: 25						
Tratamientos Medias n E.E.						
T2	248.33	6	10.80	A		
T3	217.83	6	10.80	A		
T4	216.17	6	10.80	A		
T1	207.50	6	10.80	A B		
T5	169.17	6	10.80	B		

Número de células epidérmicas						B
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Número de células epidérmicas	30	0.40	0.30	12.33		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	161588.20	4	40397.05	4.11	0.0107	
Tratamientos	161588.20	4	40397.05	4.11	0.0107	
Error	245551.17	25	9822.05			
Total	407139.37	29				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=168.04487						
Error: 9822.0467 gl: 25						
Tratamientos Medias n E.E.						
T2	899.50	6	40.46	A		
T4	850.67	6	40.46	A B		
T3	810.50	6	40.46	A B		
T1	774.50	6	40.46	A B		
T5	682.67	6	40.46	B		

Índice estomático						C
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Índice estomático	30	0.16	0.02	7.88		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	12.45	4	3.11	1.15	0.3544	
Tratamientos	12.45	4	3.11	1.15	0.3544	
Error	67.41	25	2.70			
Total	79.86	29				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.78426						
Error: 2.6963 gl: 25						
Tratamientos Medias n E.E.						
T2	21.64	6	0.67	A		
T3	21.22	6	0.67	A		
T1	21.12	6	0.67	A		
T4	20.36	6	0.67	A		
T5	19.85	6	0.67	A		

Anexo 27. Análisis de varianza test de tukey variable. A) Número de estomas; B) Número de células epidérmicas; C) Índice estomático.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Porómetro	15	0.19	0.00	13.27		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2202.48	4	550.62	0.59	0.6795	
Tratamientos	2202.48	4	550.62	0.59	0.6795	
Error	9378.00	10	937.80			
Total	11580.48	14				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=82.29021						
Error: 937.7999 gl: 10						
Tratamientos Medias n E.E.						
T2 (Bocashide pollinaza)	250.74	3	17.68	A		
T1 (Bocashi de azolla)	236.76	3	17.68	A		
T3 (Nutrisano)	226.44	3	17.68	A		
T4 (Eco abonaza)	224.37	3	17.68	A		
T5 (Testigo)	215.28	3	17.68	A		

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Porómetro	15	0.41	0.18	15.67		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5483.53	4	1370.88	1.77	0.2111	
Tratamientos	5483.53	4	1370.88	1.77	0.2111	
Error	7738.89	10	773.89			
Total	13222.42	14				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=74.75366						
Error: 773.8892 gl: 10						
Tratamientos Medias n E.E.						
T2 (Bocashide pollinaza)	201.48	3	16.06	A		
T4 (Eco abonaza)	182.23	3	16.06	A		
T1 (Bocashi de Azolla)	181.61	3	16.06	A		
T3 (Nutrisano)	179.45	3	16.06	A		
T5 (Testigo)	142.72	3	16.06	A		

Anexo 26. Análisis de varianza test de tukey variable de conductancia estomática. A) 30 DDA; B) 120 DDA.

Lic. Alexander Masache Escobar, Mgs

0987216493

alexander.masache@educacion.gob.ec

Loja - Ecuador

Loja, 23 de noviembre del 2023

El suscrito, Alexander Masache Escobar, Mgs. **DOCENTE EDUCACIÓN BÁSICA** (registro de la SENESCYT número: 1031-2023-2668502), **ÁREA DE INGLÉS-UNIDAD EDUCATIVA PADRE JULIÁN LORENTE**, a petición de la parte interesada y en forma legal

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Jonathan Andrés Cordero Escobar** con cédula de ciudadanía N°. **1104920705**, cuyo tema de investigación se titula: *“Efecto de la aplicación de cuatro abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la Estación Experimental la Argelia”* ha sido realizado y aprobado por mi persona, Alexander Masache Escobar, Mgs. Docente de Educación Básica en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer uso legal pertinente.



Lic. Alexander Masache Escobar, Mgs.

Anexo 28. Certificado de inglés.