



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 tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la estación Experimental Zapotepamba.

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

#### AUTOR:

Junior Alexander Contenido Coronel

#### DIRECTOR:

Ing. Max Enrique Encalada Córdova, PhD.

Loja – Ecuador

2024



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF

## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Encalada Cordova Max Enrique**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del café en la estación Experimental Zapotepamba**, de autoría del estudiante **Junior Alexander Contento Coronel**, perteneciente al estudiante **JUNIOR ALEXANDER CONTENTO CORONEL**, con cédula de identidad N° **1150699658**. Certifico que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular** se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

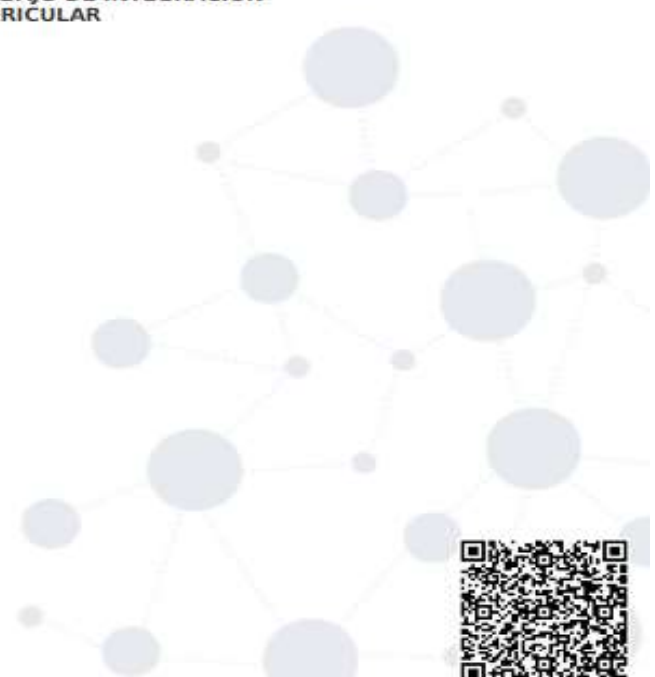
Es lo que puedo certificar en honor a la verdad; a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 24 de Agosto de 2023



MAX ENRIQUE  
ENCALADA CORDOVA

F) \_\_\_\_\_  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

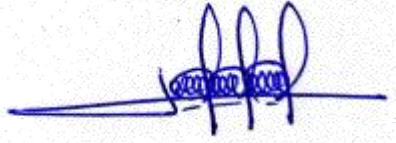


Certificado TIC/TT.: UNL-2023-000664

1/1  
*Educamos para Transformar*

## **Autoría**

Yo, **Junior Alexander Contenido Coronel**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente 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:** 1150699658

**Fecha:** 07/12/2024

**Correo electrónico:** [junior.contenido@unl.edu.ec](mailto:junior.contenido@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0979648786

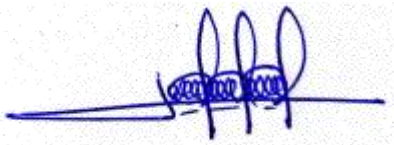
**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Junior Alexander Contenido Coronel**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la estación Experimental Zapotepamba**, 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 siete días del mes de diciembre de dos mil veinticuatro.



**Firma:**

**Autor:** Junior Alexander Contenido Coronel.

**Cédula:** 1150699658

**Dirección:** barrio La Capilla, parroquia El Tambo, cantón Catamayo.

**Correo electrónico:** [junior.contento@unl.edu.ec](mailto:junior.contento@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0979648786

## **DATOS COMPLEMENTARIOS**

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

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios, que supo guiarme por el buen camino, darme la fuerza para seguir adelante y no desistir de los problemas que se me han presentado, enseñándome a afrontar las dificultades sin perder la dignidad ni fracasar en un intentar. A mis padres les agradezco todo el esfuerzo que realizan para ayudarme y por ser la base de mi formación, guiándome por buenos caminos en la vida. A mi hermano Oscar por su apoyo, consejos, comprensión, amor en momentos difíciles y ayuda con las herramientas que necesito para estudiar. Me dieron todo lo que soy como persona; valores, principios, carácter, entrega, determinación y coraje para lograr mis metas. A mi hermana Valeria por estar siempre presente, acompañándome y cuidándome siempre. A mi cuñado Wilson Villavicencio por brindarme un hogar y regalarme un espacio en su casa y tratarme siempre como si fuese su hermano, a mis sobrinos que los quiero mucho y me motivan a seguir luchando, a todos mis amigos, en especial a Victor Hugo Espejo, por apoyarme incondicionalmente, brindarme siempre su mano y comprensión durante mi formación profesional. Finalmente, agradezco a mi difunto hermano Joffre que desde el cielo siempre me cuida, y aunque ya no este nunca me ha dejado solo.

*Junior Alexander Contento Coronel*

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y de manera principal a la Carrera de Agronomía por brindar mi formación. Al director de tesis, quien, con esfuerzo, responsabilidad, paciencia y con sus conocimientos adquiridos en su trayectoria como profesional, supo impartir sugerencias pertinentes para el desarrollo de la investigación.

A la Dra. Marina Mazón quien siempre nos ayudó y supo despejar las dudas que se presentaban, compañeros/as y amigos/as quienes con su apoyo y consejos influyeron en la formación profesional.

*Junior Alexander Contento Coronel*

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de Contenidos</b> .....	vii
<b>Índice de tablas</b> .....	x
<b>Índice de figuras</b> .....	xi
<b>Índice de anexos</b> .....	xii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	7
<b>4.1. Importancia económica del café</b> .....	7
<b>4.2. Producción de café en Ecuador</b> .....	7
<b>4.3. Producción de café en Loja</b> .....	7
<b>4.4. Generalidades del café</b> .....	8
<b>4.4.1. Características y Clasificación Taxonómica</b> .....	8
<b>4.4.2. Descripción morfológica</b> .....	8
<b>4.5. Características del cultivar en estudio</b> .....	10
<b>4.5.1. Cultivar Castillo</b> .....	10

4.6.	Condiciones agronómicas y ambientales de un cafetal .....	10
4.7.	Requerimientos nutricionales del café.....	11
4.8.	Generalidades de los abonos orgánicos .....	11
4.9.	Características de los abonos orgánicos de estudio .....	12
4.9.1.	Bocashi.....	12
4.9.2.	Ecoabonaza .....	12
4.9.3.	Nutrisano.....	13
4.10.	Fisiología del café .....	13
4.10.1.	Densidad y apertura estomática.....	13
4.11.	Antecedentes de estudios referentes al proyecto de investigación.....	13
5.	Metodología .....	15
5.1.	Localización del estudio .....	15
5.2.	Metodología General .....	15
5.2.1.	Tipo de investigación.....	17
5.2.2.	Diseño experimental.....	17
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 (Coffea arabica L.) en la estación Experimental Zapotepamba”</i> . .....	19
5.3.1.	Área foliar .....	19
5.3.2.	Diámetro del tallo .....	20
5.3.3.	Altura de la planta.....	20
5.4.	Metodología para el objetivo 2: <i>“Describir el comportamiento fisiológico del cafeto (Coffea arabica L.) con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos”</i> . .....	20
5.4.1.	Contenido de clorofila.....	20
5.4.2.	Densidad estomática.....	20



5.4.3. Índice estomático .....	21
5.4.4. Conductancia estomática .....	21
6. Resultados .....	22
6.1. Área foliar .....	22
6.2. Diámetro del tallo .....	22
6.3. Altura de la planta .....	23
6.4. Contenido de clorofila .....	24
6.5. Densidad estomática e índice estomático .....	25
6.6. Conductancia estomática .....	25
7. Discusión .....	27
8. Conclusiones .....	30
9. Recomendaciones .....	31
10. Bibliografía .....	32
11. Anexos .....	39

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía del café (Rojo, 2014).....	8
<b>Tabla 2.</b> Condiciones ambientales y agronómicas óptimas para el cultivo de café (Venegas et al., 2018).....	10
<b>Tabla 3.</b> Cálculos de dosificación para cada uno de los tratamientos. ....	17
<b>Tabla 4.</b> Delineación del ensayo (DBCA) en café variedad Castillo, detalle de los tratamientos aplicados de cada unidad experimental. ....	18
<b>Tabla 5.</b> Evaluación del impacto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el área foliar de plantas de café variedad Castillo, a los 120 días después de la aplicación (DDA), realizada en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja. ....	22
<b>Tabla 6.</b> Efecto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el diámetro del tallo del café variedad Castillo a los 120 días después de la aplicación (DDA) en la Estación Experimental Zapotepamba, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja. ....	23
<b>Tabla 7.</b> Impacto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el contenido de clorofila (SPAD) en plantas de café variedad Castillo, a los 120 días después de la aplicación (DDA), en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja. ....	24
<b>Tabla 8.</b> Promedio de la densidad e índice estomático de las plantas de café variedad Castillo para cada tratamiento evaluado en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja. ....	25
<b>Tabla 9.</b> Evaluación del impacto de cuatro abonos orgánicos en la conductancia estomática de las hojas de Coffea arabica L. variedad Castillo, a los 30 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos.....	26

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Localización de la estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja, lugar donde se realizó la presente investigación.....	15
<b>Figura 2.</b> Esquema del diseño experimental (DBCA), para evaluar el comportamiento del cultivo de café variedad Castillo con la aplicación de abonos orgánicos. ....	19
<b>Figura 3.</b> Evaluación del impacto de cuatro fertilizantes orgánicos en la altura de las plantas de café variedad Castillo a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos, realizada en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja.....	24

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Elaboración de los dos abonos orgánicos tipo bocashi. ....	39
<b>Anexo 2.</b> Identificación de tratamientos y repeticiones. ....	39
<b>Anexo 3.</b> Marcado de límites y etiquetado de repeticiones. ....	40
<b>Anexo 4.</b> Preparación de tratamientos para su aplicación. ....	40
<b>Anexo 5.</b> Identificación aleatoria de plantas mediante etiquetado. ....	41
<b>Anexo 6.</b> Medición del peso de los abonos para dosificación. ....	41
<b>Anexo 7.</b> Distribución y aplicación de abonos orgánicos. ....	42
<b>Anexo 8.</b> Medición de variables de crecimiento en café. ....	42
<b>Anexo 9.</b> Lectura de variables fisiológicas en el café. ....	43
<b>Anexo 10.</b> Colocación de las películas de esmalte en los porta y cubre objetos. ....	43
<b>Anexo 11.</b> Examinación de estomas y células epidérmicas mediante microscopio Leica DM 1000 con lente 10X. ....	44
<b>Anexo 12.</b> Visualización de estomas en las hojas de café variedad Castillo en la Estación Experimental Zapotepamba. ....	44
<b>Anexo 13.</b> Observación de células epidérmicas en las hojas de café variedad Castillo en la Estación Experimental Zapotepamba. ....	45
<b>Anexo 14.</b> Reporte de pH del suelo y contenido nutricional. ....	45
<b>Anexo 15.</b> Reporte de contenido de materia orgánica del suelo. ....	46
<b>Anexo 16.</b> Certificado de traducción de inglés. ....	47

## **1. Título**

Efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la estación Experimental Zapotepamba.

## 2. Resumen

El café es reconocido mundialmente como un cultivo de gran importancia económica, especialmente para los pequeños agricultores que dependen de su producción. En la provincia de Loja, el café ha logrado obtener prestigio tanto a nivel nacional como internacional debido a su alta calidad, especialmente el café cultivado a gran altitud. En este contexto, es crucial implementar nuevas tecnologías que no solo aumenten la productividad, sino que también favorezcan la conservación del medio ambiente. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo del cultivo de café en una plantación con sombra, con una edad de tres años, bajo la aplicación de distintos abonos orgánicos en la Quinta Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar, en el cual se aplicaron cinco tratamientos diferentes: bocashi de Azolla (T1), bocashi de pollinaza (T2), Nutrisano (T3), Eco abonaza (T4) y un tratamiento testigo (T5), cada uno con tres repeticiones, lo que resultó en un total de 15 unidades experimentales. Se evaluaron diversas variables, entre ellas: la altura de la planta, el diámetro del tallo, el área foliar, el contenido de clorofila (medido con el índice SPAD), la conductancia estomática, la densidad estomática y el índice estomático. A los 120 días después de la aplicación (DDA), los tratamientos de bocashi de pollinaza y bocashi de Azolla demostraron los mejores resultados en comparación con los demás tratamientos, mostrando los promedios más altos en todas las variables evaluadas, tanto en términos de crecimiento como de aspectos fisiológicos, superando a los abonos comerciales y al testigo. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que el uso de abonos orgánicos tiene un impacto positivo en el desarrollo del cultivo de café, especialmente en la variedad Castillo, contribuyendo a la mejora en las principales variables de crecimiento y fisiológicas, lo que resalta la importancia de este tipo de fertilización para optimizar la producción y sostenibilidad del café en la región.

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

## **Abstract**

Coffee is recognized globally as a crop of significant economic importance, particularly for small farmers who rely on its production. In the province of Loja, coffee has gained both national and international acclaim due to its high quality, especially that which is grown at high altitudes. In this context, it is essential to implement new technologies that not only enhance productivity but also promote environmental conservation. The objective of this research was to evaluate the development of coffee cultivation in a three-year-old shaded plantation using various organic fertilizers at the Zapotepamba Experimental Farm of the National University of Loja. The study employed a completely randomized block design, which included five different treatments: Azolla bocashi (T1), pollinaza bocashi (T2), Nutrisano (T3), Eco fertilizer (T4), and a control treatment (T5). Each treatment was replicated three times, resulting in a total of 15 experimental units. Several variables were evaluated, including plant height, stem diameter, leaf area, chlorophyll content (measured with the SPAD index), stomatal conductance, stomatal density, and stomatal index. At 120 days after application (DDA), the pollinaza bocashi and Azolla bocashi treatments showed the best results compared to the other treatments, showing the highest averages in all the variables evaluated, both in terms of growth and physiological aspects, surpassing the commercial fertilizers and the control. The findings of this study indicate that using organic fertilizers positively affects the development of coffee crops, particularly the Castillo variety. This practice enhances key growth and physiological variables, underscoring the importance of organic fertilization for optimizing production and ensuring the sustainability of coffee in the region.

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

### 3. Introducción

Ecuador cuenta con una gran capacidad de producción cafetalera por los diferentes ecosistemas existentes y por su ubicación geográfica, a su vez, posee una diversidad de climas que varían según la geografía y las temperaturas de cada región. Por ello el café es uno de los productos más comercializados en nuestro país debido a que es muy apreciado para su consumo como bebida (Pilozo et al., 2022). Este cultivo ha sido clave, no solo por su gran importancia en indicadores económicos, sino también por intervenir en el tejido cultural, social e institucional (Milla-Pino et al., 2019). Por ello, Ortiz et al. (2017) mencionan que es uno de los productos más importante en el comercio ecuatoriano y constituye el principal producto en el cual se basan su economía alrededor de 70 países.

El país cuenta con un área establecida de 144 000 ha de café arábigo; el 60,17 % de las zonas cafetaleras se encuentran en el litoral ecuatoriano, dominando con el 24,20 % la provincia de Manabí. La sierra ecuatoriana cubre el 30,75 % del total de este cultivo, siendo la provincia de Loja el mayor productor aportando el 13,92 %. La Amazonía procura el 6,65 %, del cual el 2,13 % proviene de Zamora Chinchipe. La Región Insular tributa con el 0,05 %. Las regiones mencionadas cuentan con los requerimientos agroecológicos necesarios por este cultivo en sus diferentes variedades (Pilozo et al., 2022). Y de igual forma que en los demás países cafetaleros, la producción de cafeto es una actividad familiar que demanda mano de obra generando así empleo rural y urbano (Tumbaco et al., 2022).

De acuerdo a datos estadísticos establecidos en el MAG, el café tuvo un rendimiento de 0,29 t/ha durante el 2019, distribuido en provincias como: Morona Santiago (1,23 t/ha.), Galápagos (0,97 t/ha.), Pichincha (0,67 t/ha.) y Zamora Chinchipe (0,56 t/ha.), mientras que Loja ocupa el noveno lugar con una producción de 0,23 t/ha, valores que representaron un 31 % menos que el rendimiento reportado el año 2018 (0,43 t/ha). La disminución en el rendimiento se evidenció especialmente en las provincias de Manabí y Loja, que son las principales productoras (Lema, s. f.).

El cultivo de café mantiene un manejo tradicional que se basa en la implementación de fertilizantes de síntesis química, con aplicaciones calendario, lo que ha llevado a tener grandes efectos ambientales negativos y altos costos de producción, teniendo en cuenta que la fertilización constituye cerca del 19 % del costo total, y de este alrededor del 39 % es con abonos sintéticos. Este suceso es una gran limitante en la producción cafetalera debido a que ocasiona la baja



fertilidad de los suelos, así como la carencia de fuentes orgánicas de nutrición que causan una baja productividad y calidad, siendo este desequilibrio nutricional el que provoca la caída en los rendimientos, calidad de taza, floración desigual y baja resistencia del cultivo contra el ataque de plagas y enfermedades. Por lo cual Canseco-Martínez et al. (2020) mencionan que el bajo contenido de nutrientes en los suelos por el uso desmedido de fertilizantes químicos (también llamados paquetes tecnológicos) es el causante de la reducción en la producción y los rendimientos de café registrados en los últimos años, que en algunos casos han llegado a alcanzar un 50 % de reducción.

Los abonos orgánicos son una forma natural y efectiva de aportar nutrientes y mejorar la calidad del suelo en los cultivos. A diferencia de los abonos químicos, estos se obtienen a partir de fuentes naturales, como estiércol, compost, restos vegetales, entre otros. La aplicación de estos abonos es una gran alternativa para manejar una agricultura sostenible debido a que poseen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo de la dosis aplicada, generan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad, incrementan el potasio disponible, así como el calcio y el magnesio. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la textura del suelo, la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica, disminuyen la tasa de evaporación y generan en las plantas un mejor estado fitosanitario (D. Agüero & Terry, 2014).

En el cantón Paltas, el café se ve estancado por el estacionamiento de la producción y disminución de la cantidad de productores los cuales afectan la economía no solo del cantón sino del país por el decrecimiento de la calidad exportable de este rubro. A esto se le añade la presencia de suelos especialmente pobres en materia orgánica, lo cual implica unos mayores aportes de nutrientes. Por ello, la Prefectura de Loja está elaborando varios fertilizantes orgánicos cuya efectividad en distintos cultivos requiere ser evaluada. Estos abonos han mostrado resultados prometedores en maní (López, 2023), pero falta investigación en otros cultivos de importancia económica como lo es el café, en particular la variedad Castillo.

El presente proyecto de titulación está vinculado con el Segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS 2) denominado “Hambre cero”; así mismo, con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominada “Sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria” y con la línea de investigación de la Carrera de

Agronomía de la Universidad Nacional de Loja denominada “Tecnologías para la producción y posproducción agrícola sostenible”. Además, es necesario mencionar que este proyecto de titulación forma parte del programa institucional denominado “Programa de investigación para la sostenibilidad de la caficultura de la zona sur del Ecuador”.

Con base en estos antecedentes, se identificó el problema principal y, para alcanzar el propósito de la investigación, se definieron los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en la estación Experimental Zapotepamba.

### **Objetivos específicos**

- Identificar el efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el crecimiento del cafeto (*Coffea arabica* L.) en la estación Experimental Zapotepamba.
- Describir el comportamiento fisiológico del cafeto (*Coffea arabica* L.) con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Importancia económica del café**

En Ecuador la especie de café arábigo tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del país, se cultiva desde altitudes cercanas al nivel del mar hasta los 2 000 metros, pero la mejor calidad de infusión se obtiene cuando se cultiva sobre los 500 metros (Toledo-Macas et al., 2019).

El café en el Ecuador es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas, el 68 % de esta área corresponde a la especie *Coffea arabica* y el 32 % a *Coffea canephora* (Venegas et al., 2018).

### **4.2. Producción de café en Ecuador**

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), que aplica el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, precisa que en Ecuador existen aproximadamente 12,3 millones de hectáreas de suelo utilizado para labores agropecuarias, donde el 11,6 % pertenece a la superficie nacional de cultivos permanentes, del que el 9,1 % corresponde a la superficie plantada y cosechada de café (Toledo-Macas et al., 2019).

Entre los años 2012 y 2013, en el marco del proyecto de “Reactivación cafetalera en el Ecuador” orientado a incrementar la producción de café en el país, se importaron diferentes variedades de café arábigo originarias principalmente de Brasil, las que fueron distribuidas en las zonas cafetaleras tanto en la región Costa como en la Amazonía (Iniap, 2020).

### **4.3. Producción de café en Loja**

La provincia de Loja se encuentra en tercer lugar, de entre 17 provincias que cultivan café (solo y asociado) con 7 139 has. que significan 151 toneladas de las que 109 se comercializan y es reconocida en el Ecuador por dedicarse a la producción y comercialización de café de calidad (Toledo-Macas et al., 2019).

El café se cultiva en 20 de los 21 cantones de la provincia (la excepción es Zapotillo). Se cultivan 21 018 hectáreas de café, las cuales aportan con un 16 % a la producción cafetalera del país. Además, el café representa el segundo cultivo más importante de la provincia: el 44,03 % del área sembrada le corresponde al cultivo de maíz duro, seguido por el 12,75 % dedicado al café.

Finalmente, el 75 % de los cafetales están en los cantones Loja, Olmedo, Sozoranga, Quilanga y Chaguarpamba (Paladines, 2018).

#### **4.4. Generalidades del café**

##### **4.4.1. Características y Clasificación Taxonómica**

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas (Tabla 1), grupo que engloba unos 500 géneros y más de 6 000 especies, la mayoría árboles y arbustos tropicales. Dentro del género *Coffea* hay más de 100 especies, todas ellas autóctonas de África tropical y de algunas islas de Océano Índico, como Madagascar. Todas son leñosas, pero comprenden desde arbustos hasta árboles de 5 a 10 metros de altura (Rojo, 2014).

**Tabla 1.** Taxonomía del café (Rojo, 2014).

<b>Taxonomía</b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Rubiales
<b>Familia</b>	Rubiaceas
<b>Género</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especie</b>	<i>C. arabica</i> var. Castillo

##### **4.4.2. Descripción morfológica**

###### **4.4.2.1. El tallo.**

El arbusto de café está compuesto generalmente de un solo tallo o eje central. El tallo exhibe dos tipos de crecimiento, uno que hace crecer al arbusto verticalmente y otro en forma horizontal o lateral. El crecimiento vertical u ortotrópico es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que va alargando a esta durante toda su vida, formando el tallo central, nudos y entrenudos (Monroig, 2016).

###### **4.4.2.2. Las hojas**

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta.

Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada.

El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. La vida de las hojas en la especie arábica es de 7 a 8 meses mientras que en la canephora es de 7 a 10 meses (Monroig, 2016).

#### **4.4.2.3. Las flores**

Las inflorescencias se encuentran formando grupos en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas y ocasionalmente en ramas ortotrópicas de madera tierna; las flores son pequeñas, de color blanco y de olor fragante. Los cinco pétalos de la corola se unen formando un tubo. El número de pétalos puede variar de 4 a 9 dependiendo de la especie y la variedad. El cáliz está dividido en 4 a 5 sépalos (Arcila et al., 2007).

#### **4.4.2.4. El fruto**

El fruto del café es una drupa que contiene dos semillas, las cuales se encuentran separadas por el tabique interno del ovario. El color verde del fruto, según su evolución, cambia a verde amarillento y posteriormente a rojo vinoso o amarillo típico de los cultivares de cafetos (Monroig, 2016).

De la unión del grano de polen con el óvulo se forman los frutos y las semillas del café. Existen cuatro periodos o etapas de desarrollo en los frutos de café. La primera etapa va desde la fecundación hasta la sexta semana, allí el crecimiento en tamaño y peso de los frutos es lento. Luego viene la segunda etapa donde los frutos empiezan a crecer, en esta etapa se necesita de agua, de lo contrario el fruto se queda pequeño. En la tercera etapa se da una gran demanda de nutrientes, el fruto empieza a cambiar de color de verde a amarillo, en esta etapa se endurece la almendra. La falta de agua en la cuarta etapa hace que el fruto no se forme bien y se produzca el grano averanado. Finalmente, en el cuarto periodo, el cual se denomina época de maduración, el fruto cambia al color rojo (Avendaño-Pérez, 2017).

#### **4.4.2.5. La semilla**

La semilla está cubierta por una película plateada o espermoderma, formada por varias capas de células fibrosas, translúcidas, de paredes finas. En la semilla se distingue el endospermo y en parte basal el embrión. Las células del endospermo contienen, entre otras sustancias, almidón, aceites,

azúcares y alcaloides como cafeína. El embrión ubicado en la parte basal de la semilla mide de 2 a 5 mm de largo y consta de un hipocótilo cilíndrico y 2 cotiledones superpuestos (Monroig, 2016).

En su mayor parte, la semilla se encuentra constituida por el endospermo y el embrión. El endospermo coriáceo es de color verdoso o amarillento. Forma un repliegue que se inicia en el surco de la cara plana. Las células del endospermo contienen almidón, aceites, azúcares, alcaloides como cafeína y otras sustancias (Monroig, 2016).

#### **4.5. Características del cultivar en estudio**

##### **4.5.1. Cultivar Castillo**

A partir del cruzamiento entre la variedad Caturra (progenitor femenino) y el Híbrido de Timor CIFC#1 343 (progenitor masculino), se obtuvieron las plantas F1 y de ellas, por autofecundación, las generaciones F2 y F3. Estas se cultivaron individualmente por progenie y se les realizó selección por vigor, porte bajo de las plantas, calidad en taza, producción, proporción de defectos de las semillas, tamaño del grano, resistencia completa e incompleta a *Hemileia vastratrix* y probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (Castillo & Alvarado, 1997). El mismo autor menciona que la variedad Caturra, por el porte bajo de sus plantas, permite el establecimiento en altas densidades de siembra, favoreciendo la obtención de mayores producciones por unidad de superficie. Sin embargo, es altamente susceptible a la roya del cafeto y a la enfermedad de las cerezas, causadas por hongos patógenos que limitan la producción y afectan notablemente la calidad del café obtenido (Castillo & Alvarado, 1997).

#### **4.6. Condiciones agronómicas y ambientales de un cafetal**

Las condiciones agronómicas y ambientales a las que se adapta el café arábico se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Condiciones ambientales y agronómicas óptimas para el cultivo de café (Venegas et al., 2018).

<b>Características óptimas para el desarrollo de un cafetal</b>	
Altitud	La altitud óptima se localiza entre los 1 200 y 1 700 msnm, aunque en Ecuador se han llegado a establecer desde los 300 msnm y por encima de los 1 700 msnm con buenos rendimientos.
Temperatura	Entre los 15 y 24 °C.

---

Precipitaciones	El rango de precipitaciones óptimas para el cultivo del café puede variar de 1 000 a 3 000 mm.
Humedad Relativa	En torno al 70-85 %
Viento	El umbral para no producir daños físicos ni fisiológicos al cafeto es de 20 a 30 km/hora.
Topografía	Se adapta con facilidad a condiciones topográficas desfavorables, aunque los terrenos ligeramente ondulados y planos son mejores para este cultivo.
Características Físico-Químicas	<p><b>Propiedades Físicas:</b> La textura adecuada para el cafetal es media o limosa, con estructura granular. La profundidad efectiva debe ser mayor de 50 cm.</p> <p><b>Propiedades químicas:</b> El rango de pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,5. El porcentaje de materia orgánica se debe encontrar en 2-5 %, y el de nitrógeno superior al 3 % para el adecuado desarrollo del café. Las condiciones óptimas en cuanto a macronutrientes para este cultivo son de 0,2-0,7 (meq/100gr) en el caso del potasio y 6-14 (ppm) en el caso del fósforo.</p>

---

#### 4.7. Requerimientos nutricionales del café.

El requerimiento nutricional del café por ha va a estar estrechamente relacionado con la cantidad de plantas por ha, el tipo de variedad, la cantidad de cosechas/año, el tipo de suelo en el que encuentre la plantación, etc., sin embargo, si consideramos que queremos alcanzar una producción de 1000 Kg o 22,4 qq, los requerimientos nutricionales estimados en los macronutrientes serían: 547 kg/ha de N, 51 kg/ha de P, 508 kg/ha de K, 234 kg/ha de Ca y entre 59 y 117 kg/ha de Mg integrados al cultivo durante 1 año y considerando que la planta necesita mayor cantidad de alimento previo a la floración y el cuajado del fruto (Canseco-Martínez et al., 2020).

#### 4.8. Generalidades de los abonos orgánicos

La agricultura orgánica es una forma de producir sosteniblemente, disminuyendo el uso de fertilizantes y plaguicidas. Resulta importante incrementar la eficiencia de utilización de los fertilizantes para evitar la degradación ambiental. Para ello, es necesario implementar tecnologías

que permitan la aplicación de estos en el sitio y cultivo específico con el fin de cumplir la demanda del mismo. En este sentido, se ha señalado que el uso eficiente de nutrimentos es un aspecto relevante, debido al incremento en los costos y el impacto ambiental asociado con su uso inapropiado (D. Agüero & Terry, 2014).

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (D. Agüero & Terry, 2014).

#### **4.9. Características de los abonos orgánicos de estudio**

##### **4.9.1. Bocashi**

Bocashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”. Este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos. La composta tipo Bocashi es un abono orgánico que se puede elaborar con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo a la materia prima disponible (Agüero & Terry, 2014).

La elaboración de los abonos orgánicos fermentados como el Bocashi se puede entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los propios residuos, en condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, capaz de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir al suelo (D. Agüero & Terry, 2014).

##### **4.9.2. Ecoabonaza**

La empresa Megagro publica que Ecoabonaza es un abono compostado, obtenido de la mineralización de diferentes residuos vegetales y animales de granjas certificadas, el cual se convierte en un producto libre de patógenos, con alto contenido de materia orgánica y nutrientes. Por su alto contenido en materia orgánica, Ecoabonaza mejora la calidad del suelo y le aporta elementos esenciales para el correcto crecimiento de las plantas (Megagro, 2020).



### **4.9.3. Nutrisano**

El abono orgánico Nutrisano elaborado en la Planta de Bioinsumos de Zapotepamba, cantón Paltas, provincia de Loja, se comercializa en varios cantones e incluso a escala nacional. Es uno de los primeros productos de la planta, que la maneja el Área de Desarrollo Productivo de la Prefectura. El componente del abono Nutrisano 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 (Ecuadordelsur, 2019).

### **4.10. Fisiología del café**

#### **4.10.1. Densidad y apertura estomática**

Los estomas pueden considerarse como válvulas de conducción hidráulica en la superficie de la hoja que se abren para permitir la toma de CO<sub>2</sub> y se cierran para prevenir la pérdida excesiva de humedad, lo cual es regulado por condiciones ambientales, tales como la luminosidad, el CO<sub>2</sub> y la humedad.

Las hojas son órganos especializados en interceptar la luz necesaria para la actividad fotosintética, la cual es capturada por los cloroplastos; ello se complementa con el abastecimiento de agua por parte de los haces vasculares y la toma de CO<sub>2</sub> a través de los poros estomáticos, los cuales son capaces de modificar rápidamente su grado de apertura (C. Medina et al., 2008).

El café, el trigo y el algodón son ejemplos de plantas con metabolismo C<sub>3</sub>, que se caracterizan por mantener los estomas abiertos durante el día para captar dióxido de carbono, en tanto que la fijación de dióxido de carbono en hidratos de carbono (como azúcares) ocurre independientemente de la luz, cuando hay un exceso de dióxido de carbono en el ambiente; las plantas C<sub>3</sub> lo acumulan más, así, este gas, al ser abundante, permite que las plantas sintetizen más glucosa, esto quiere decir que se esperaría que en concentraciones muy altas de dióxido de carbono, las plantas con metabolismo C<sub>3</sub> se vean beneficiadas en cuanto al crecimiento y reproducción (Benavides et al., 2015).

### **4.11. Antecedentes de estudios referentes al proyecto de investigación**

Jiménez et al. (2016) realizaron una investigación que se realizó en Villaflores, Chiapas, México, localizado entre los paralelos 16° 15' 14'' de latitud Norte y en el meridiano 93° 15' 22''

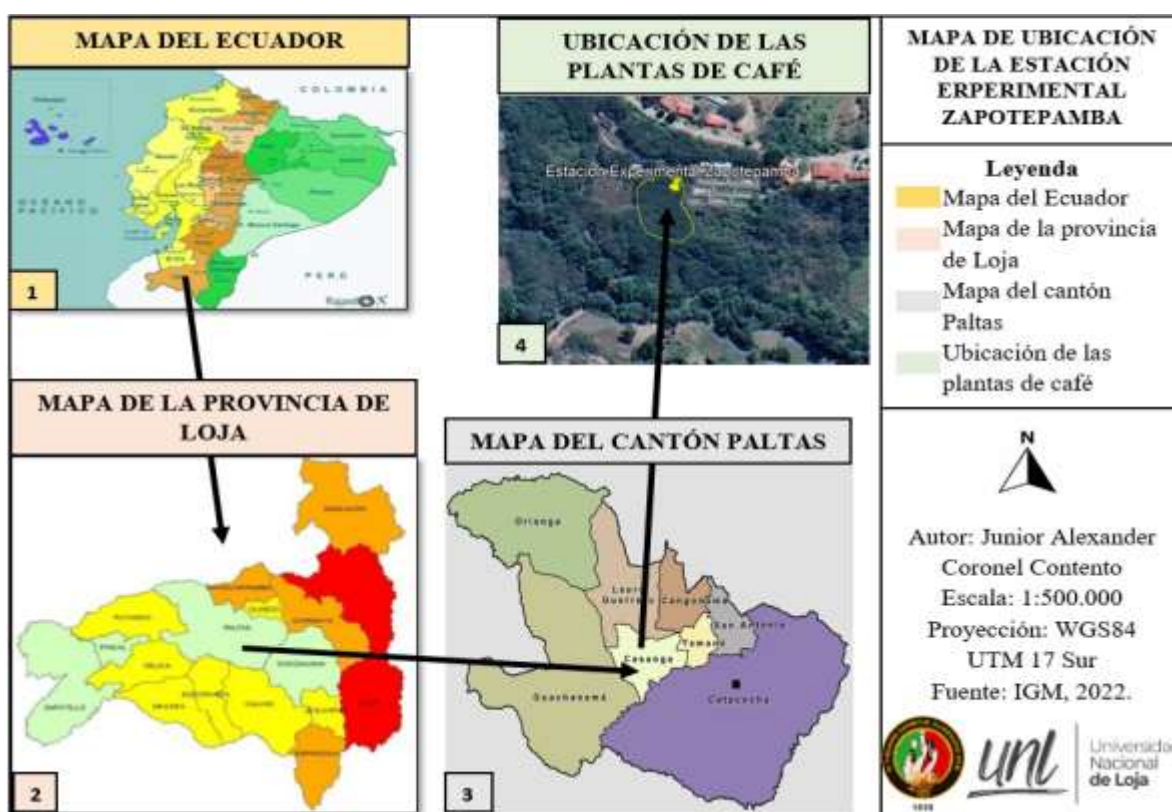
de longitud Oeste, con una altitud de 557 msnm y clima cálido subhúmedo. Donde realizaron un estudio sobre la evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café y el objetivo fue evaluar la respuesta de las plantas de café en etapa de vivero, manejadas bajo el enfoque ecológico, a la utilización de tres abonos orgánicos (composta, bocashi y vermiabono) empleados bajo diferentes proporciones (25%, 50%, 75% y 100%). Los autores mencionan que los abonos orgánicos tipo composta mostraron mejores beneficios en la producción de plantas de café en la etapa de vivero, sobresaliendo las proporciones de 25 % y 50 % del volumen del sustrato.

Montes-Rojas & Anaya-Flórez (2019) realizaron una investigación que realizó en Timbio, Cauca, a 1760 m.s.n.m., temperatura promedio entre 18 y 28°C, 2200 mm de precipitación promedio anual y 73% de humedad relativa con el objeto de evaluar el efecto de la fertilización con abono orgánico líquido fermentado aeróbicamente (A.L.O.F.A) en un cultivo de café. Donde señalan que la fertilización con A.L.O.F.A al 4% y A.L.O.F.A. al 4%+IM (inoculantes micorrícicos), influyeron positivamente en el rendimiento del cultivo de café y superaron al manejo convencional en 44,6 y 24,8%, respectivamente. A sí mismo la mencionan que existió una disminución de costos de producción al fertilizar el cultivo de café con A.L.O.F.A. mineralizado en un 45%, lo cual beneficia directamente a los productores y mejora la rentabilidad del cultivo.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Zapotepamba, del cantón Paltas, provincia de Loja (Figura 1), entre los meses de febrero a septiembre del 2023, localizada geográficamente a  $04^{\circ}01'01''$  de latitud sur y  $79^{\circ}47'17''$  de longitud oeste, con una altitud de 985 msnm. Presenta una temperatura media anual de  $24^{\circ}\text{C}$ , precipitación anual de 600 – 846 mm, humedad relativa media anual de 70 – 80 %, 12 horas del sol por día, la textura del suelo es arcilloso con pH de 7,5 y un terreno semiplano (Cuenca & Campoverde, 2019).



**Figura 1.** Localización de la estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja, lugar donde se realizó la presente investigación.

### 5.2. Metodología General

El experimento se desarrolló en campo, utilizando una plantación de café variedad castillo ya establecida de dos años y 9 meses de edad bajo un sistema agroforestal, cuenta con un marco de plantación de 2 m entre hilera y 1,5 m entre planta. Con la ayuda de una pala se recolectaron tres muestras en zigzag en el terreno a una profundidad de 20-30 cm debido a que se realizó un análisis

de suelo. La muestra se envió al laboratorio de Suelos del INIAP, para el estudio de los componentes nutricionales y contenido de materia orgánica, que sirvió de base para calcular la cantidad de abono a aplicar en cada unidad experimental. Anterior a la aplicación de los tratamientos se llevó a cabo la preparación los abonos orgánicos, para la elaboración de los dos abonos tipo bocashi se siguió la metodología de Portillo y Morataya (2011), y los otros dos abonos ecoabonaza y nutrisano fueron obtenidos comercialmente.

Se determinó que el suelo presenta un contenido de materia orgánica del 1,8 %, lo cual se considera bajo para un adecuado desarrollo del cultivo. Según Julca et al. (2006), el nivel óptimo de materia orgánica debe situarse entre el 3 % y el 4 %. Para garantizar una correcta aplicación de los tratamientos y alcanzar un 2,5 % de materia orgánica, se definieron las dosis necesarias basándose en los análisis del suelo y las características de cada abono, calculando la masa del suelo para estimar la cantidad requerida de materia orgánica.

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

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

Donde:

Capa arable (CA)

Superficie: 10 000 m<sup>2</sup>

Densidad aparente (da): 1.3 t/m<sup>3</sup> para suelo arcilloso.

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 1,8 % de MO lo que representa un total de 46 800 Kg de MO, lo que para llegar a un 2,5 % necesitamos adicionar 18 200 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 m<sup>2</sup>, realizando el respectivo cálculo nos queda 1,4 Kg de MO.

Con este último dato se pudieron realizar los cálculos de dosificación resumidos en la Tabla 3, en este caso se consideró que el 1,4 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 3.** Cálculos de dosificación para cada uno de los tratamientos.

Bocashi de azolla (13.6 % de MO)		Bocashi de pollinaza (13.1 Kg de MO)		Nutrisano (65.75 Kg de MO)		Ecoabonaza (61.5 Kg de MO)	
1,4 kg	100% MO	1,4 kg	100% MO	1,4 kg	100% MO	1,4 kg	100% MO
	13,6%		13,1%		65,75%		61,5%
MO		MO		MO		MO	
= 10,2 kg de MO		= 10,6 kg de MO		= 2,2 kg de MO		= 2,3 kg de MO	

Se realizó una sola aplicación vía edáfica en el mes de abril de 2023. Las evaluaciones de las variables se llevaron a cabo cada 30 días posteriores a la aplicación (DDA) de los tratamientos, extendiéndose hasta octubre, con una duración total de 7 meses. Antes de iniciar la aplicación, se realizó la delimitación y etiquetado de cada bloque con sus respectivas repeticiones, así como el etiquetado individual de las plantas a evaluar.

### 5.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, ya que se llevó a cabo con la aplicación de un diseño experimental. A su vez, posee un enfoque cuantitativo en el cual se generaron resultados sobre diferencias morfológicas y fisiológicas con carácter numérico. De acuerdo a las características de este estudio, el alcance de la investigación es descriptivo y causal.

### 5.2.2. Diseño experimental

En el montaje del experimento se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos incluido el testigo (Tabla 4) y tres repeticiones, cada tratamiento estaba conformado por ocho plantas de café de las cuales se evaluaron cinco al azar. Los tratamientos fueron: T1 (bocashi de azolla), T2 (bocashi se pollinaza), T3 (nutrisano), T4 (ecoabonaza) y T5 (sin abono orgánico).

**Tabla 4.** Delineación del ensayo (DBCA) en café variedad Castillo, detalle de los tratamientos aplicados de cada unidad experimental.

Número de tratamientos	T1 (Bocashi de Azolla) T2 (Bocashi de pollinaza) T3 (Nutrisano) T4 (Ecoabonaza) T5 (Testigo)
Número de aplicaciones	1
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:

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

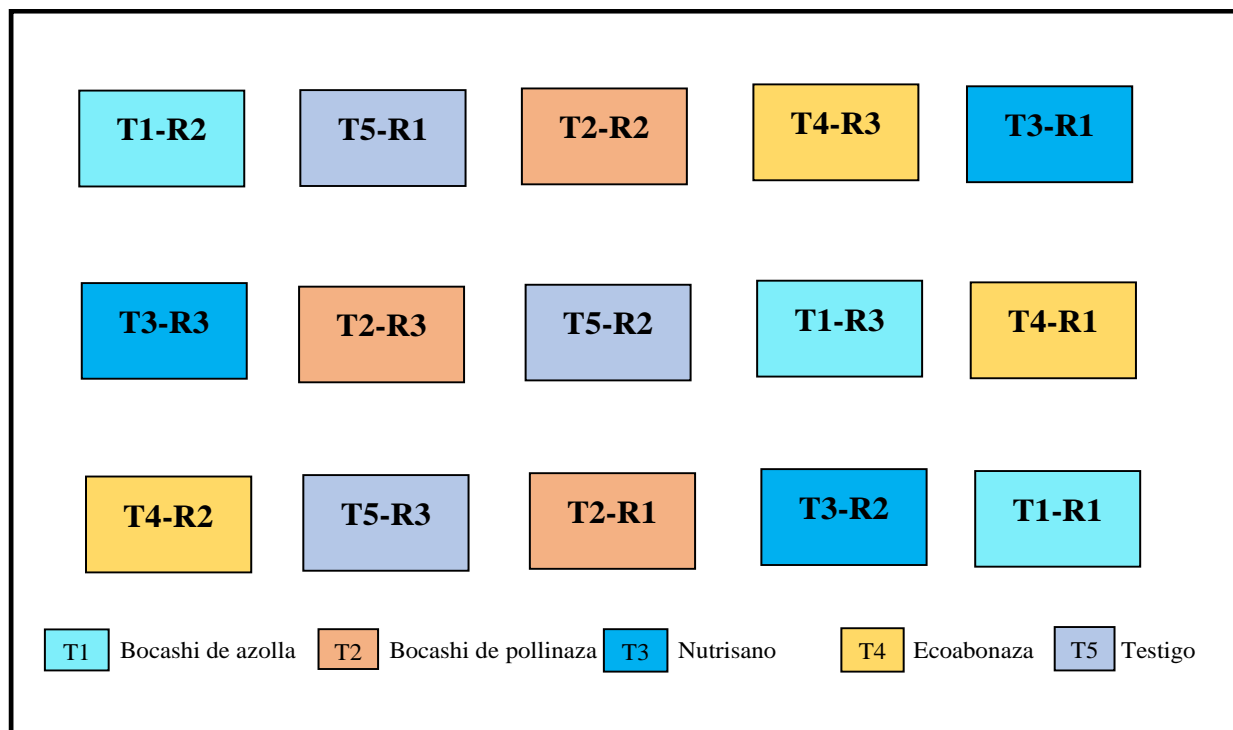
$Y_{ijk}$  = Error experimental

$\mu$  = Media general del ensayo

$\tau_i$  = Efecto fijo del tratamiento

$\beta_j$  = Efecto fijo del bloque

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental



**Figura 2.** Esquema del diseño experimental (DBCA), para evaluar el comportamiento del cultivo de café variedad Castillo 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 (*Coffea arabica* L.) en la estación Experimental Zapotepamba”.**

Para cumplir con el primer objetivo y caracterizar el crecimiento, se midieron las siguientes variables en cinco plantas de cada unidad experimental (UE) cada 30 días. En el caso de las hojas, se seleccionaron tres por planta: una del estrato superior, una del estrato medio y una del estrato inferior.

**5.3.1. Área foliar**

Se seleccionaron tres hojas por planta: una del tercio inferior, una del tercio medio y una del tercio superior. El área foliar se calculó a partir de las medidas lineales de las hojas, registrando el largo desde la base hasta el ápice terminal y el ancho desde un borde lateral hasta el otro. Estas mediciones, se realizaron con un flexómetro expresado en centímetros (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**

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

### **5.3.3. Altura de la planta**

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

## **5.4. Metodología para el objetivo 2: “Describir el comportamiento fisiológico del caféto (*Coffea arabica* L.,) con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos”.**

Para alcanzar el segundo objetivo y describir el comportamiento fisiológico, se midieron las siguientes variables: el contenido de clorofila y la conductancia estomática, evaluados cada 30 días, mientras que la densidad y el índice estomático se analizaron al final del estudio.

### **5.4.1. Contenido de clorofila**

Se utilizó el dispositivo SPAD (Konica-Minolta, Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus), que permite realizar lecturas instantáneas en unidades SPAD, basadas en la medición de la intensidad de la luz. Este equipo proporciona una estimación precisa de la concentración de nitrógeno en la planta (Rodríguez et al., 2009). Para las mediciones, se seleccionaron tres hojas por planta: una del tercio inferior, una del medio y otra del superior.

### **5.4.2. Densidad estomática**

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.

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 mm<sup>2</sup> seleccionados al azar, las imágenes se pudieron observar de una mejor manera con la ayuda del programa Toup View.



### **5.4.3. Índice estomático**

Se realizó un conteo de ambos campos de 1 mm<sup>2</sup> tanto para estomas como para células epidérmicas, con la ayuda de imágenes 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.

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

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

Donde:

IE: Índice estomático

E: Número de estomas

CE: Número de células epidérmicas.

### **5.4.4. Conductancia estomática**

Se hizo uso de un instrumento llamado porómetro de hoja, 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

A los 120 días después de la aplicación (DDA), el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) destacó como el más efectivo, alcanzando el promedio más alto de área foliar con 66.56 cm<sup>2</sup>, mostrando una diferencia altamente significativa. Por otro lado, los tratamientos de nutrisano y testigo presentaron los valores más bajos. Como se observa en la Tabla 5, las diferencias entre los tratamientos comenzaron a ser notorias a partir de los 90 DDA, manteniéndose constantes hasta los 150 DDA.

**Tabla 5.** Evaluación del impacto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el área foliar de plantas de café variedad Castillo, a los 120 días después de la aplicación (DDA), realizada en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja.

No	Tratamientos	Área foliar (cm <sup>2</sup> )			
		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 <sup>a</sup>
T2	(Bocashi de pollinaza)	43.09	47.15	62.01	66.56 <sup>ab</sup>
T3	(Eco abonaza)	35.09	38.79	55.72	58.71 <sup>ab</sup>
T4	(Nutrisano)	36.24	39.45	51.91	54.60 <sup>b</sup>
T5	(Testigo)	32.28	33.89	36.84	40.97 <sup>c</sup>

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

### 6.2. Diámetro del tallo

A los 120 días después de la aplicación (DDA), el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) registró el mayor diámetro promedio, alcanzando 2.96 cm. En contraste, los tratamientos T1, T4, T3 y T5 presentaron diámetros menores. Según el análisis de varianza (ANOVA), se identificaron diferencias significativas, especialmente entre los tratamientos de bocashi de *Azolla* y pollinaza en comparación con el testigo a partir de los 120 DDA, como se muestra en la Tabla 6.

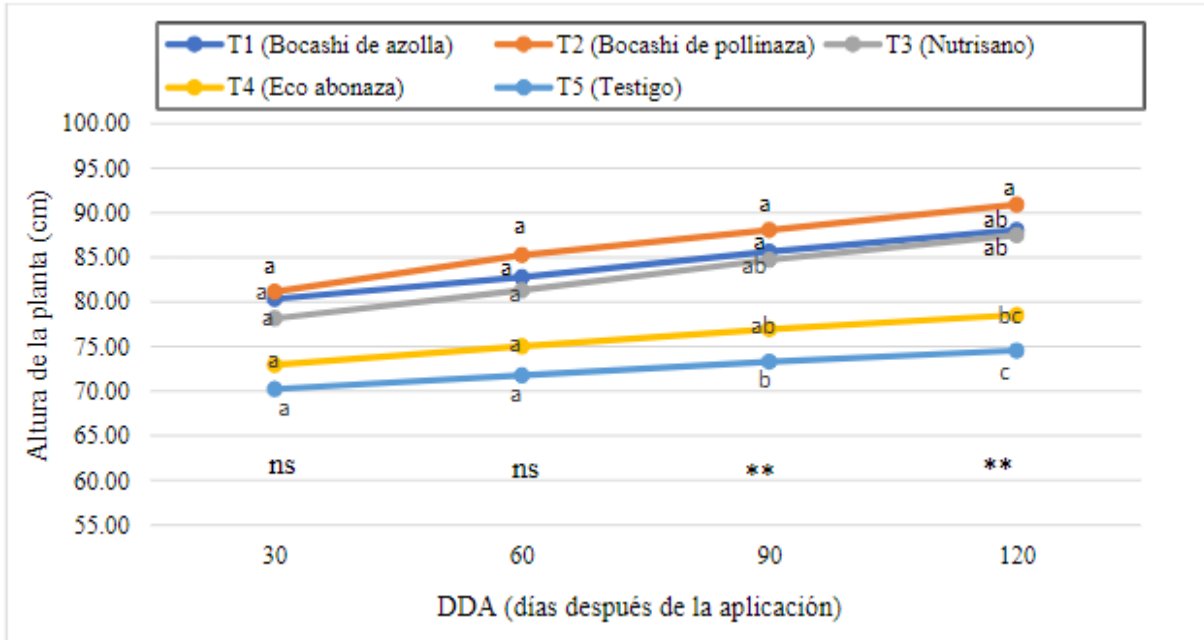
**Tabla 6.** Efecto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el diámetro del tallo del café variedad Castillo a los 120 días después de la aplicación (DDA) en la Estación Experimental Zapotepamba, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja.

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 <sup>a</sup>
T2	(Bocashi de pollinaza)	2.55	2.70	2.78	2.96 <sup>ab</sup>
T3	(Eco abonaza)	2.29	2.33	2.42	2.61 <sup>ab</sup>
T4	(Nutrisano)	2.13	2.33	2.41	2.55 <sup>ab</sup>
T5	(Testigo)	1.96	2.06	2.12	2.17 <sup>b</sup>

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

### 6.3. Altura de la planta

La figura 3 muestra que las plantas con mayor altura se observaron en el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2), con un promedio de 90.91 cm, seguido del bocashi de *Azolla* (T1), que alcanzó un promedio de 88.05 cm. Por otro lado, los tratamientos comerciales Nutrisano (T3) y Eco abonaza (T4) registraron promedios de 87.50 cm y 78.55 cm, respectivamente. Se evidenció una diferencia muy significativa entre estos tratamientos en comparación con los demás, específicamente a los 90 y 120 días después de la aplicación (DDA).



**Figura 3.** Evaluación del impacto de cuatro fertilizantes orgánicos en la altura de las plantas de café variedad Castillo a los 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos, realizada en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja.

#### 6.4. Contenido de clorofila

Según los resultados presentados en la Tabla 7, a los 120 días después de la aplicación (DDA), el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) alcanzó el mayor promedio de contenido de clorofila, registrando 91.42 unidades SPAD. El análisis de varianza indicó la existencia de una diferencia significativa entre el tratamiento con bocashi y el testigo.

**Tabla 7.** Impacto de cuatro tipos de fertilizantes orgánicos en el contenido de clorofila (SPAD) en plantas de café variedad Castillo, a los 120 días después de la aplicación (DDA), en la Estación Experimental Zapotepamba 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 e índice estomático

La Tabla 8 presenta los resultados de la densidad e índice estomático hasta la última fecha de evaluación, a los 120 días después de la aplicación (DDA). El tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) destacó como el mejor, con un promedio de 248.33 estomas por 1 mm<sup>2</sup> y un índice estomático de 21.64. Le siguió el tratamiento Nutrisano (T3), con 217.83 estomas por 1 mm<sup>2</sup> y un índice estomático de 21.21, mientras que los tratamientos T1, T4 y T5 mostraron valores inferiores.

**Tabla 8.** Promedio de la densidad e índice estomático de las plantas de café variedad Castillo para cada tratamiento evaluado en la Estación Experimental Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja.

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

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

## 6.6. Conductancia estomática

Como se muestra en la Tabla 9, no se observaron diferencias significativas en esta variable. Sin embargo, el tratamiento T2 (Bocashi de pollinaza) presentó el promedio más alto, con 201.48 mmol/m<sup>2</sup>/s, mientras que el tratamiento T4 (Testigo) tuvo el promedio más bajo, con 142.72 mmol/m<sup>2</sup>/s.

**Tabla 9.** Evaluación del impacto de cuatro abonos orgánicos en la conductancia estomática de las hojas de café variedad Castillo, a los 30 y 120 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos.

No	Tratamientos	Conductancia estomática (mmol/m <sup>2</sup> /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 esta investigación, la aplicación de abonos orgánicos mostró efectos altamente positivos en el desarrollo del cultivo de café. Los tratamientos más beneficiosos fueron los de bocashi de Azolla (T1) y bocashi de pollinaza (T2), los cuales sobresalieron en todas las variables evaluadas. Este hallazgo coincide con los resultados de (Encalada et al., 2018) y con las recomendaciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2017), que destacan que el bocashi, por su alto contenido de materia orgánica y su pH neutro, contribuye a mejorar la fertilidad del suelo.

En relación al área foliar, que fue evaluada a los 90 y 120 días después de la aplicación (DDA), se encontró una diferencia significativa en el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2), el cual presentó la media más alta en comparación con el testigo. Este resultado es consistente con la investigación de Encalada et al. (2018), quienes evidenciaron que el bocashi favorece el crecimiento del área foliar, especialmente debido a su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes. Además, un estudio de Raymundo (2013) reveló que las diferentes proporciones de bocashi aplicadas causan una mejora significativa en la fertilidad del suelo, incrementando los niveles de nitrógeno y fósforo esenciales para el desarrollo de las plantas. En el presente estudio, el tratamiento con bocashi sobresalió debido a su mayor proporción en comparación con los otros tratamientos. Por otro lado, un estudio relacionado con los niveles de sombra demostró que las plantas con un 50% y 80% de sombra dedicaron una mayor proporción de fotoasimilados al incremento del área foliar, maximizando la captación de luz, mientras que las plantas a pleno sol, con un 0% de sombra, mostraron un crecimiento más lento (Córdova et al., 2016).

En cuanto al diámetro de tallo, no se observaron diferencias estadísticas hasta los 120 DDA. No obstante, el tratamiento de bocashi de pollinaza (T2) mostró excelentes resultados, superando al testigo. Este resultado es coherente con la investigación de Jiménez et al. (2016), quienes encontraron diferencias significativas entre tratamientos, con el bocashi mostrando mejores resultados. Se argumenta que el bocashi mejora la fertilidad física, química y biológica del suelo, lo que explica el crecimiento superior en el diámetro del tallo en comparación con otros tratamientos. En cambio, el tratamiento de vermiabono presentó el menor grosor, ya que este abono proviene de un proceso bioquímico avanzado relacionado con el tracto digestivo de las lombrices, lo cual puede limitar el desarrollo radicular del café. En un estudio realizado por Huamancayo

(2011), también se observó que el bocashi favorece el crecimiento del diámetro del tallo, lo que se atribuye a su contenido de nitrógeno (1.20%), un nutriente crucial para este tipo de crecimiento (Ventura, 2016). El engrosamiento del diámetro también puede ser explicado por la actividad del cambium, que depende de factores tanto internos como externos a lo largo del tiempo, y que se ve influenciada por la fotosíntesis. En meses más cálidos, la mayor actividad cambial podría resultar en un mayor engrosamiento (Condori, 2022).

En lo que respecta a la altura de la planta, Encalada et al. (2018) identificaron que la aplicación de bocashi favoreció el crecimiento vertical, con una media alta. Condori (2022) también reportó valores significativos a los 150 DDA, donde las dosis de abono lograron una media de 81.25 cm, superior a la del testigo. Este estudio coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, en el cual el tratamiento con bocashi de pollinaza presentó la mayor altura, mientras que el testigo mostró una media baja. Esta mejora en la altura puede atribuirse a las propiedades del bocashi, que favorece la formación de estructuras duraderas de agregados en el suelo, mejorando la retención de agua y promoviendo la interacción de microorganismos benéficos que ayudan a regular los patógenos del suelo a través de la inoculación biológica natural. Además, el bocashi estimula la activación de fitohormonas y fitorreguladores, lo cual es fundamental para el desarrollo de las plantas (Agüero & Alfonso, 2014; Sarmiento et al., 2019).

Los resultados obtenidos en este estudio también son similares a los de Vásquez & Espinosa (2023), quienes reportaron efectos positivos en el crecimiento de las plantas de café con el tratamiento de bocashi de Azolla, particularmente en las variables de altura, diámetro del tallo y contenido de clorofila. Ellos argumentan que la simbiosis entre el helecho acuático Azolla y la cianobacteria *Anabaena* permite aprovechar el nitrógeno disponible, lo cual incrementa la cantidad de clorofila. De acuerdo con Rodríguez et al., (2009), las plantas con deficiencia de nitrógeno presentan una tasa fotosintética baja, mientras que una aplicación adecuada de nitrógeno mejora la capacidad fotosintética, lo cual se refleja en un aumento del contenido de clorofila.

Respecto a las variables fisiológicas, se realizaron pruebas con análisis de varianza (ANOVA) tanto al inicio como al final del proyecto. En cuanto a la densidad e índice estomático, se evaluaron solo a los 120 DDA, y el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) fue el mejor en comparación con el testigo, que mostró un promedio muy bajo. Sin embargo, no se puede concluir si estos resultados se deben exclusivamente a la aplicación de los abonos orgánicos, ya que la morfología



y anatomía foliar de las plantas de café también están influenciadas por el nivel de exposición solar. Según Encalada et al., (2016), las plantas expuestas a pleno sol presentan una mayor cantidad de estomas, mientras que aquellos bajo sombra muestran una disminución en el número de estomas (Larramendi et al., 2016; Encalada Córdova et al., 2016).

En cuanto a la conductancia estomática, el tratamiento con bocashi de pollinaza (T2) también presentó el valor más alto. Este tipo de abono, al ser un excelente acondicionador del suelo, ayuda a retener la humedad y prevenir el estrés hídrico, favoreciendo el desarrollo y la actividad del sistema radicular (Jiménez et al., 2016; Sarmiento et al., 2019). Según Medina et al., (2023), la conductancia estomática es un parámetro importante que regula la apertura de los estomas, lo que a su vez influye en la transpiración y los procesos fotosintéticos. La apertura o cierre de los estomas está regulada por factores ambientales, como la luz y la disponibilidad de agua (Pillasca et al., 2019).

Por último, en estudios relacionados con la aplicación de vermicompost, hongos micorrízicos y abono orgánico utilizando el Nutrisano (Calderón & Loján, 2022), se obtuvo que la combinación de sustrato y vermicompost mostró los mejores resultados, probablemente debido a que este tratamiento mejora la disponibilidad de nutrientes como P, K, Ca y Mg, favoreciendo el incremento de microorganismos beneficiosos para el desarrollo de las plantas. En el caso de Nutrisano, se observó que era más eficaz en cuanto a materia orgánica, pero presentó deficiencias en otros nutrientes, lo que afectó el crecimiento del café. En comparación, el tratamiento Eco Abonaza no tuvo tanto éxito en este estudio, aunque en investigaciones previas, como la de Ulloa (2019), el Eco Abonaza dio buenos resultados cuando se aplicaron cantidades equivalentes, especialmente por su contenido rico en fósforo, que favorece tanto el desarrollo aéreo como radicular de las plantas.

## 8. Conclusiones

- A los 120 días después de la aplicación de los abonos orgánicos, el tratamiento con bocashi de pollinaza mostró el mejor desempeño en comparación con los demás, obteniendo los valores más altos en las variables de altura, área foliar y diámetro del tallo. Estos resultados reflejan los efectos positivos del bocashi en el desarrollo del café, demostrando su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo y favorecer el crecimiento vegetativo de las plantas.
- La aplicación de abonos orgánicos no tuvo un impacto significativo sobre las variables fisiológicas como la densidad estomática y el índice estomático a los 120 días después de la aplicación, lo que sugiere que el estado fisiológico avanzado de las plantas en este período pudo haber influido en la estabilidad de estos parámetros. Los resultados indican que, a pesar de los beneficios observados en otras variables de crecimiento, los efectos sobre la regulación estomática fueron limitados en este estudio.

## **9. Recomendaciones**

- Explorar alternativas de fertilizantes orgánicos adicionales o nuevos, con el fin de evaluar su efectividad en el crecimiento del café, lo cual podría reducir los costos de producción sin comprometer la calidad y el rendimiento del cultivo.
- Optimizar el cálculo de la dosis de abonos orgánicos, utilizando un enfoque más preciso para determinar la cantidad exacta a aplicar por planta. Esto permitirá evitar tanto la escasez como el exceso de abono, maximizando la eficiencia en el uso de los insumos y promoviendo un crecimiento adecuado de las plantas.
- Establecer protocolos claros sobre los puntos específicos de medición en las plantas, tanto en el tallo como en las hojas, para asegurar un monitoreo constante y preciso del desarrollo de cada tratamiento.
- Ampliar la investigación a largo plazo, especialmente en lo relacionado con el rendimiento del café, para poder obtener conclusiones más sólidas y aplicables a gran escala. Además, sería valioso analizar el impacto a largo plazo de los tratamientos orgánicos en la calidad y cantidad de la cosecha.

## 10. Bibliografía

- Agüero, D. R., & Alfonso, E. T. (2014). Generalidades De Los Abonos Orgánicos: Importancia Del Bocashi Como Alternativa Nutricional Para Suelos Y Plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Agüero, D., & Terry, E. (2014). NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS. *Cultivos Tropicales*, 35(4).
- Avendaño-Pérez, J. (2017). *Clasificación de las estructuras vegetativas presentes en ramas de café usando visión de máquina*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60900>
- Bello, I., & Escobar, I. (2015). Efecto del pectimorf en el índice estomático de plantas de frijol (*phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(3), 82-87.
- Benavides, M., Tellez, J., & Valencia, M. (2015). Exceso de dióxido de carbono en la atmósfera y las plantas: ¿amigo o enemigo? *Biodiversidad Colombia*, 1(5), 11.
- 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, 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\\_a\\_39=equals&filter\\_value\\_2=NUTRICI%C3%93N&filter\\_field\\_3=subject&filter\\_type\\_3=equal&filter\\_value\\_3=ENFERMEDADES&etal=0&filtername=subject&filterquery=TESIS+D E+GRADO&filtertype=equals](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_a_39=equals&filter_value_2=NUTRICI%C3%93N&filter_field_3=subject&filter_type_3=equal&filter_value_3=ENFERMEDADES&etal=0&filtername=subject&filterquery=TESIS+D E+GRADO&filtertype=equals)

- Canseco-Martínez, D., Villegas-Aparicio, Y., Castañeda-Hidalgo, E., Carrillo-Rodríguez, J., Robles, C., & Santiago-Martínez, G. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1285-1298. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2612>
- Castillo, J., & Alvarado, G. (1997). RESISTENCIA INCOMPLETA DE GENOTIPOS DE CAFÉ A LA ROYA BAJO CONDICIONES DE CAMPO EN LA REGION CENTRAL DE COLOMBIA. *Cenicafé*, 1(48), 40-58.
- 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., Carreño, F., & Guevara, D. (2016). Crecimiento de posturas de cafeto (*coffea arabica* L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 2(37), 72-78. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681>
- Cuenca, D. N. S., & Campoverde, A. G. T. (2019). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN PALTAS. *INAMHI*.
- Ecuadordelsur. (2019). Zapotepamba produce un abono certificado que llegará a todo el país. *Zapotepamba produce un abono certificado que llegará a todo el país*. <https://ecuadordelsur.blogspot.com/2014/11/zapotepamba-produce-un-abono.html>
- Encalada, M., Soto, F., morales, D., & Álvarez, I. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Cultivos Tropicales*, 8(1), 89-97.
- Encalada, M., Soto, F., Morales, D., & Álvarez, I. (2016). INFLUENCIA DE LA LUZ EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.

cv. CATURRA) EN CONDICIONES DE VIVERO. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 89-97.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>

Huamancayo, G. (2011). *EFFECTO DEL BOCASHI EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO (Theobroma cacao L.) FASE · VIVERO EN SANTA ROSA· NARANJILLO* [Tesis de Grado, 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>

Iniap. (2020). *PROGRAMA DE CACAO Y CAFÉ*.

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5715/1/iniapeecaIACC2020.pdf>

Jiménez, C. E. A., Cruz, I. A., Aguilar, F. B. M., Galdámez, J. G., Martínez, A. G., & Cabrera, J.

A. M. (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.211>

Larramendi, L. A. R., Hernández, F. G., Castro, H. G., Flores, M. F., Castañeda, J. C. G., & Ruiz,

R. P. (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), Article 3.

<https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.46731>

Lema, V. (s. f.). *Informe de rendimientos objetivos de café 2019*. Recuperado 28 de febrero de 2023, de <https://online.fliphtml5.com/ijia/zeck/>

López, M. (2023). *Efecto de cuatro dosis de fertilización orgánica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maní (Arachis hypogaea L. var. INIAP-382) en Zapotepamba, provincia de Loja*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26715/1/Marco%20Antonio%20Lopez%20Salinas.pdf>

- Medina, A. D., González, A. C., & Pérez, C. S. (2023). Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), Article 4. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3303>
- Medina, C., Sánchez, D., Camayo, G., Lobo, M., & Martínez, E. (2008). Anatomía foliar comparativa de materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) con y sin espinas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), Article 1. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol9\\_num1\\_art:99](https://doi.org/10.21930/rcta.vol9_num1_art:99)
- Megagro. (2020). Eco Abonaza. *MegagroStore*. <https://megagro.com.ec/product/eco-abonaza/>
- Milla-Pino, M., Oliva-Cruz, S., Leiva-Espinoza, S., Collazos-Silva, R., Gamarra-Torres, O., Barrena-Gurbillón, M., & Maicelo-Quintana, J. (2019). Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. *Acta Agronómica*, 68(4), 271-277. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.70496>
- Monroig, M. (2016). *MORFOLOGÍA DEL CAFETO*. 4.
- Montes-Rojas, C., & Anaya-Flórez, M. del S. (2019). Efecto de la fertilización con abono orgánico (A.L.O.F.A) en plantas de café (*coffea arábica*). *Scientia et technica*, 24(2), 340. <https://doi.org/10.22517/23447214.19801>
- Ortiz, N., Barbón, R., Capote, A., Pérez, A., & Robaina, M. (2017). Caracterización morfológica en vivero de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática. *Biotecnología Vegetal*, 17(4), Article 4. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/568>
- Paladines, D. (2018). *Riesgo y modos de bienestar: El caso de la producción de café en San Antonio de las Aradas (Loja)*. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/14079/8/TFLACSO-2018DDPJ.pdf>

- Pillasca, H. B. D., Durand, Z. F. H., Vásquez, A. D. C. G., Bazalar, G. J. D., & Meza, M. A. D. (2019). Índice estomático relacionado con caracteres morfológicos de especies arbustivas de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. *Infinitum...*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.51431/infinitum.v9i1.528>
- Pilozo, W., Ganchozo, B. I., Landí-n, A. C., Tumbaco, M. V., & Ortega, J. G. (2022). PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSANTES DE LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA SUR DE MANABÍ, ECUADOR: *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.632>
- 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*, 4(37), 55-64. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000400055>
- Portillo, N., & Morataya, E. (2011). Elaboración y uso del bocashi. *FAO*, 16.
- Raymundo, J. (2013). *APLICACIÓN DE DIFERENTES PROPORCIONES DE BOKASHI EN LA PRODUCCION DE PLANTONES DE DOS CULTIVARES DE CACAO (HIBRIDO E IMC-67)*. [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2526/TS\\_JKRC\\_2013.pdf?se+quence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2526/TS_JKRC_2013.pdf?se+quence=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>



- Rojo, E. (2014). *Café I (G. Coffea)*. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- 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), Article 1. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- Soto, F. (1980). *Estimación del área foliar en C. arabica L. a partir de las medidas lineales de las hojas*. 2. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.050591#details>
- Toledo-Macas, R., Zumba-Zúñiga, M., & Martínez-Fernández, V. (2019). *LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN COMO ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS. EL CASO DEL CAFÉ DE ALTURA DE LA PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR* (pp. 401-413).
- Tumbaco, M. V., García, P. L. T., Velázquez, R. V., Pazmiño, J. C. L., & Ortega, J. G. (2022). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGO (COFFEA ARÁBIGA L.) EN TRES DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA: *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.630>
- Ulloa, A. (2019). “*Evaluación Agronómica de Plantas De Café Arábigo Mediante Dos Sistemas De Crianza Y Tres Alternativas De Fertilización A Nivel De Vivero*” [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6738/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000078.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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), Article 2. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1867>

Venegas, S., Orellana, D., & Pérez, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café.

*RECIMUNDO*, 2(2), Article 2. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)

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/F](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6119/F)

[C CA-M-2016-1807.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6119/F/CA-M-2016-1807.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## 11. Anexos

### Anexo 1. Elaboración de los dos abonos orgánicos tipo bocashi.



### Anexo 2. Identificación de tratamientos y repeticiones.



**Anexo 3.** Marcado de límites y etiquetado de repeticiones.



**Anexo 4.** Preparación de tratamientos para su aplicación.



**Anexo 5.** Identificación aleatoria de plantas mediante etiquetado.



**Anexo 6.** Medición del peso de los abonos para dosificación.



**Anexo 7.** Distribución y aplicación de abonos orgánicos.



**Anexo 8.** Medición de variables de crecimiento en café.



**Anexo 9.** Lectura de variables fisiológicas en el café.



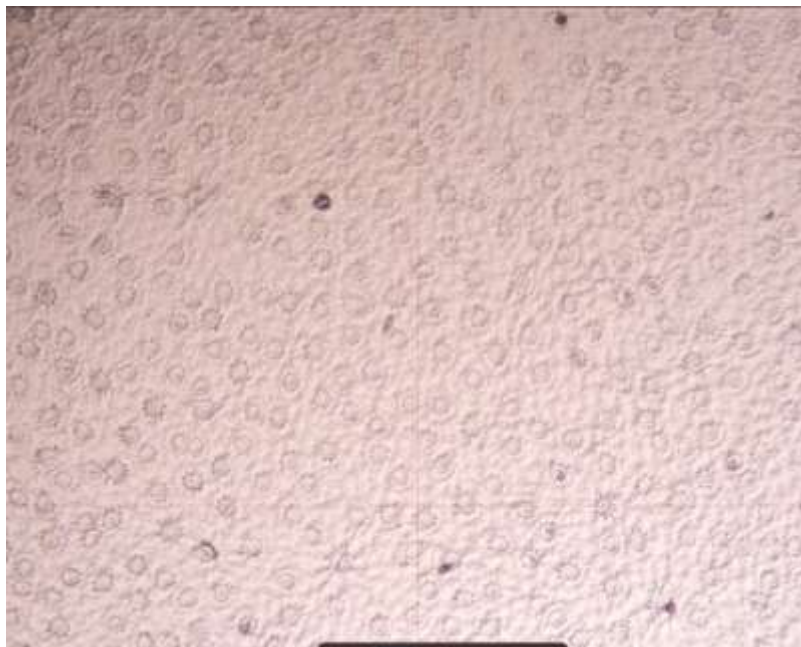
**Anexo 10.** Colocación de las películas de esmalte en los porta y cubre objetos.



**Anexo 11.** Examinación de estomas y células epidérmicas mediante microscopio Leica DM 1000 con lente 10X.

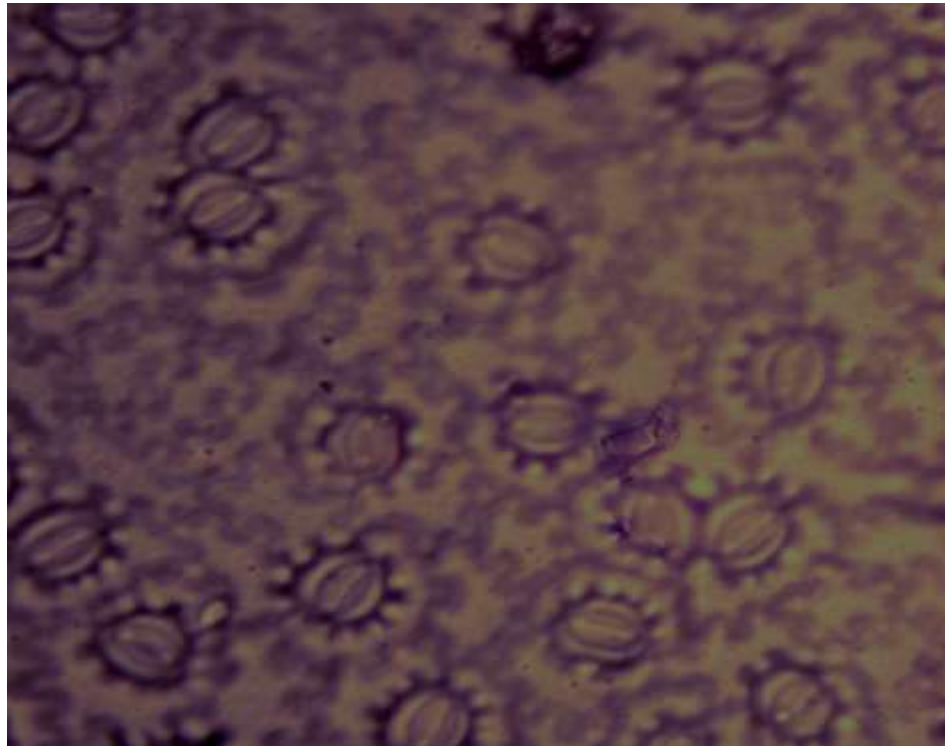


**Anexo 12.** Visualización de estomas en las hojas de café variedad Castillo en la Estación Experimental Zapotepamba.





**Anexo 13.** Observación de células epidérmicas en las hojas de café variedad Castillo en la Estación Experimental Zapotepamba.



**Anexo 14.** Reporte de pH del suelo y contenido nutricional.

**INIRP**  
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PECHILINGUE"  
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS  
Km. 5 Camino Querétaro - El Estero de Zapotepamba  
Querétaro - Estado TEL: 521 5400000 correo: inirp@inirp.gob.mx

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>		<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b>	
Nombre: CLAUDIA ORTEZ KLEVER IVAN Dirección: S.O.B.A / O.O.A. Ciudad: Toluca Teléfono: 098221446 E-mail: Mivrez.P@igc.com.mx		Puesto: Calle Comercio Provincia: Loja Cerecho: Palas Parroquia: Ubicación:		Colores Actual: Café N° Reporte: 10718 Fecha de Muestra: 15/03/2012 Fecha de Informe: 15/03/2012 Fecha de Salida: 20/03/2012	

N° Muest.	Datos del Suelo	pH	ppm							mg/100g						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Zn	Mn	B			
104277	Calle Comercio	7.8	42.5	11.38	0.0738	21.4	3.3	8	8	5.2	3.0	34	30.38	7.8	0.22	8



La información contenida en el presente informe es válida para el momento de su emisión y puede variar en los resultados.

INTERPRETACIÓN				METODOLOGIA USADA			EXTRACTANTES	
pH				pH			Unidad Medida	
Séco = Muy Ácido	Luz = Ligero Ácido	Neutro = Ligero Alkalino	BC = Requiere Ca	N	Ca	Ca	N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn	
Ac = Ácido	Medio = Medio Ácido	Al = Alkalino	B = Bajo	S, P, B	S	S	Extracción de Calcio	
Moder = Moder. Ácido	Muy = Muy Ácido		H = Medio				Extracción de Calcio	
			X = Alto				B.S.	

  
 RESPONSABLE EXPLO. SUELOS Y AGUAS

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 15. Reporte de contenido de materia orgánica del suelo.



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILENGUE"**  
 LABORATORIO DE SUELOS, VEGETALES Y AGUAS  
 Km. 1 Carretera Quito - El Espino, Agujón 24  
 Quito - Ecuador Telf: 02 26344 telfax: 02 26344

---

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : CUENCA ORTU KLEYER IVAN  
 Dirección : LLOJA / LLOJA  
 Ciudad : LLOJA  
 Teléfono : 0992231989  
 Fax : 0992231989

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : Inca Costero  
 Provincia : Loja  
 Cantón : Píshu  
 Parroquia :  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Código Actual : 046  
 Nº de Reporte : 10718  
 Fecha de Muestreo : 13/05/2013  
 Fecha de Ingreso : 13/05/2013  
 Fecha de Salida : 13/05/2013

---

N° Muest.	(mg/100ml)				d(%)	C.E. (%)	S.O. (%)	Ca	Mg	Ca+Mg	capacidad	(mg/100)	apex	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	Al	Na											Argila	Limo	Areña		
100477						1.4	0	5.8	8.25	14.11	13.07			CI	II	II	43	Argiloso



La muestra está guardada en el almacén  
 permanente. Después de 48 horas  
 volverá en los resultados

**INTERPRETACION**

Al+H, Al y Na	C.E.	S.O. y CI
B = Bajo	AS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		N = Medio
		A = Alto

**ABREVIATURAS**

C.E. = Conductividad Eléctrica  
 S.O. = Materia Orgánica  
 RAS = Relación de Absorción de Suelo

**METODOLOGIA USADA**

C.E. = Conductividad  
 M.O. = Método de Walkley-Black  
 S.O. = Método de Naf. 31

*M. Ochoa*

*+ @mku*

**Anexo 16.** Certificado de traducción de inglés.

## **CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN**

Loja, 04 de diciembre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

**DOCENTE DE INGLÉS**

A petición verbal de la parte interesada:

### **CERTIFICA:**

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular titulado **Efecto de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos en el desarrollo del cafeto en la estación Experimental Zapotepamba**, de la autoría de: **Junior Alexander Contento Coronel**, portador de la cédula de identidad número **1150699658**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**