

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

### **Evaluación de la aplicación foliar de boro en diferentes concentraciones sobre el cuajado de frutos en *Coffea arabica* L cv. Caturra en Guachapala, Azuay – Ecuador**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

#### **Autores:**

Santiago Josue Quinteros Parra

José Darwin Sarango Moreno

#### **Director:**

Segundo Moisés Maita Supliguicha

ORCID : 0000-0003-2716-6978

**Cuenca, Ecuador**

2023-08-02

### Resumen

Ecuador produce variedades de café arábica y robusta, adaptables a distintos agroecosistemas. La deficiencia de cuajado de frutos es un problema que afecta el rendimiento del café, siendo el boro (B) un micronutriente esencial para el desarrollo y el cuajado de frutos. En este contexto, es necesario identificar una concentración de B que maximice la productividad, rentabilidad en Guachapala, zona que presenta condiciones para el desarrollo de *Coffea arábica*, donde la agricultura es una de las principales fuentes económicas. El objetivo fue evaluar la aplicación foliar de boro en diferentes concentraciones sobre el cuajado de frutos *Coffea arábica* L cv. Caturra en la granja experimental El Romeral de la Universidad de Cuenca. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron el cuajado de frutos a los 30, 60 y 90 días y el peso del fruto en fresco a los 120 días post-aplicación de los tratamientos, además, se determinó la capacidad de absorción de boro en las hojas. Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, el tratamiento T6 (60 ppm) y T4 (40 ppm) de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) presentaron cierta tendencia a mejorar el porcentaje de cuajado y peso el fruto respectivamente. En cuanto a la absorción de boro, se observó una tendencia incremental acorde a las concentraciones de boro. La investigación concluyó que la aplicación de diferentes concentraciones pudiese llegar a mejorar el cuajado y peso de frutos en el café *Coffea arábica* cv. Caturra.

*Palabras clave:* boro, cuajado, frutos, absorción, *Coffea arábica*

### Abstract

Ecuador produces Arabica and Robusta coffee varieties, adaptable to different agroecosystems. Fruit set deficiency is a problem that affects coffee yield, with boron (B) being an essential micronutrient for fruit development and fruit set. In this context, it is necessary to identify a concentration of B that maximizes productivity and profitability in Guachapala, an area that presents conditions for the development of *Coffea arabica*, where agriculture is one of the main economic sources. The objective was to evaluate the foliar application of boron in different concentrations on the fruit set of *Coffea arabica* L cv. Caturra at the El Romeral experimental farm of the University of Cuenca. A randomized complete block design with 8 treatments and 4 repetitions was used. The variables evaluated were the fruit set at 30, 60 and 90 days and the weight of the fresh fruit at 120 days post-application of the treatments, in addition, the boron absorption capacity in the leaves was determined. The results did not show statistically significant differences, however, the treatment T6 (60 ppm) and T4 (40 ppm) of boric acid ( $H_3BO_3$ ) showed a certain tendency to improve the fruit set percentage and weight respectively. Regarding boron absorption, an increasing trend was observed according to boron concentrations. The investigation concluded that the application of different concentrations could improve fruit set and weight in *Coffea arabica* cv. Caturra.

*Keywords:* boron, curdling, fruits, absorption, *Coffea arabica*

## Índice de contenido

Justificación.....	11
Objetivos.....	13
2.1.    Objetivo general.....	13
2.2.    Objetivos específicos.....	13
Revisión bibliográfica.....	14
3.1.    El cultivo de café.....	14
3.2.    Descripción botánica.....	14
3.2.1.    Género.....	14
3.2.2.    Morfología.....	14
3.2.3.    Variabilidad.....	15
3.2.4. <i>Coffea arábica</i> .....	15
3.2.5.    Clasificación taxonómica.....	15
3.3.    Origen, distribución e importancia mundial.....	16
3.3.1.    Importancia del cultivo a nivel nacional.....	16
3.4.    El fruto del café.....	17
3.5.    El Boro.....	17
3.5.1.    Funciones del Boro.....	17
3.5.2.    Movilidad del boro en la planta.....	17
3.5.3.    Deficiencia de boro en las plantas.....	17
3.5.4.    Toxicidad.....	18
Materiales y métodos.....	19
4.1.    Área experimental.....	19
4.2.    Tipo de investigación.....	19
4.3.    Materiales.....	20
4.3.1.    Material físico.....	20
4.3.2.    Material químico.....	20

4.3.3. Material biológico.....	20
4.4. Selección de árboles y ramas del café.....	20
4.5. Tratamientos utilizados.....	20
4.6. Cálculo de concentraciones y aplicación de tratamientos.....	21
4.7. Metodología.....	21
4.7.1. Objetivo específico 1.....	21
4.7.2. Objetivo específico 2.....	22
4.7.3. Objetivo específico 3.....	22
4.7.4. Análisis estadístico.....	23
Resultados.....	23
5.1 Porcentaje de frutos cuajados.....	23
5.2 Porcentaje de frutos cuajados a los 30 días de la aplicación de ácido bórico.....	24
5.3 Porcentaje de frutos cuajados a los 60 días de la aplicación de ácido bórico.....	25
5.4 Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días de la aplicación de ácido bórico.....	26
5.5 Peso del fruto en fresco.....	28
5.6 Capacidad de absorción de Boro en las hojas de café cv. Caturra.....	29
5.7 Costos de aplicación de los tratamientos.....	30
Discusión.....	31
Conclusiones.....	34
Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36
Anexos.....	41

**Índice de figuras**

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	19
Figura 2. Porcentaje de frutos cuajados a los 30 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) cv. Caturra.....	25
Figura 3. Porcentaje de frutos cuajados a los 60 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) cv. Caturra.....	26
Figura 4. Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) cv. Caturra.....	27
Figura 5. Cuajado de frutos de café a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación foliar de $H_3BO_3$ en diferentes concentraciones.....	27
Figura 6. Peso de frutos cuajados a los 120 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arábica</i> L.) cv. Caturra.....	29
Figura 7. Capacidad de absorción de acuerdo al nivel de concentraciones aplicadas .....	30

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del café.....	15
Tabla 2. Descripción de los tratamientos y dosis empleadas.....	20
Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilk para la variable de porcentaje de cuajado de frutos en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	23
Tabla 4. Prueba de Levene para la variable de porcentaje de cuajado de frutos en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	24
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 30 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	24
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 60 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	25
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 90 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	26
Tabla 8. Prueba de Shapiro-Wilk para la variable del peso de fruto en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	28
Tabla 9. Prueba de Levene para la variable del peso de fruto en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	28
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable del peso de fruto a los 120 días posteriores a la aplicación de $H_3BO_3$ en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	28
Tabla 11. Análisis de varianza del modelo de regresión entre la concentración de $H_3BO_3$ aplicado y la variación en la concentración de B foliar en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) cv. Caturra.....	30
Tabla 12. Descripción del requerimiento por hectárea y costos de aplicación de diferentes concentraciones de $H_3BO_3$ .....	31

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme la vida, por bendecirme, por guiarme y darme las fuerzas para continuar en este proceso de lograr uno de los anhelos más deseados.

A mi familia, principalmente a mis padres por siempre estar, y por siempre brindarme su apoyo y motivación incondicional durante esta etapa universitaria.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, por compartir sus conocimientos siendo parte de este proceso de aprendizaje y formarme para una vida profesional.

**José Sarango & Santiago Quinteros**

## **Dedicatoria**

Este logro va dedicado para toda mi familia, de manera muy especial a mi padre Manuel Sarango y a mi madre Angela Moreno, quienes, mediante su apoyo incondicional, paciencia y sacrificio han sido pilares fundamentales en esta meta alcanzada, muchos de mis logros se los debo a ustedes, por sus bendiciones que a lo largo de la vida me protegen y me llevan por el camino del bien, por forjarme con reglas y libertades que me han ayudado y motivado constantemente para alcanzar mis sueños.

**José Sarango**

## **Dedicatoria**

Este logro académico no hubiera sido posible sin el apoyo y colaboración de muchas personas valiosas en mi vida. Agradezco a mi familia, amigos, profesores, colegas y a todas las personas que participaron en mi investigación, por su inestimable ayuda y motivación en este camino. Este logro es un hito importante en mi vida académica, y me siento honrado de compartirlo con todos aquellos que me han acompañado en este camino

**Santiago Quinteros**

### Justificación

Según el Plan Nacional de Desarrollo Cantonal de Guachapala (2013), la principal actividad económica en este sector es la agricultura, donde existen cultivos permanentes como transitorios, ocupando el 12,9% del territorio, de esto dependen los ingresos económicos en el cantón. Una parte importante de su producción se comercializa en cantones como Cuenca, Paute, Gualaceo; y otra parte al autoconsumo y comercialización en la feria dominical en el centro cantonal (GAD Parroquial de Guachapala, 2013). Por otro lado, el 45% de los ingresos se generan en actividades agropecuarias (INEC, 2010). En la zona no se encuentran registros exactos del área productiva de café, sin embargo, se requiere incrementar la productividad y la calidad ya que la zona presenta condiciones para su producción, garantizando un mejor rendimiento que incremente los ingresos económicos de productores de café en la zona. Según el último censo de población del año 2010 existe una alta tasa de emigración, por ende, se deben generar plazas de trabajo y fomentar la principal actividad de la localidad que es la agricultura (INEC, 2010).

Las variables climáticas como altas temperaturas, altos niveles de luz ultravioleta (UV), frecuentes e intensas precipitaciones, influyen directamente en el cultivo de café, además de deficiencias nutricionales pudiendo causar problemas para su desarrollo, desequilibrios fisiológicos incidiendo en un bajo porcentaje de cuajado de frutos, reduciendo el rendimiento del cultivo alrededor de un 60 % (Chacón et al., 2021).

El Boro (B) es un micronutriente esencial para el crecimiento vegetal, empleado en problemas de deficiencia en el cuajado de frutos. Arévalo (2011), menciona que la deficiencia de este elemento en la planta puede provocar muerte de los puntos de crecimiento e inclusive deformación y caída de flores y frutos, al ser importante en los componentes estructurales de la pared celular (Brodie, 2011), también es esencial en la fecundación y cuajado de frutos (Rubio y Vanzetti, 2014). En el cultivo del café, el B interviene en procesos de iniciación y crecimiento del tejido reproductivo, participando en la actividad meristemática y transporte de carbohidratos, siendo importante en la nutrición del café (Carvajal, 1984).

Las plantas absorben el boro mediante dos formas químicas como son el ácido bórico ( $B(OH)_3$ ) y anión borato ( $B(OH)_4^-$ ) (Ortiz et al., 2021), la disponibilidad de B es un problema, ya que presenta una movilidad limitada en el suelo y en la planta. Esto se debe a factores como la textura, pH, humedad, contenido de arcillas y calidad de materia orgánica presente en el suelo (Malave et al., 2009).

Entonces surge la necesidad de evaluar concentraciones de B que mejoren el cuajado de flores del café. El B, al presentarse en cantidades limitadas o excesivas provoca afecciones

en la planta (Nable et al., 1997; Cervilla, 2009). Los síntomas de exceso de B se presentarán con una clorosis y necrosis en los tejidos (Rodríguez et al., 2009), que repercutirán en el rendimiento del cultivo.

Mediante este estudio se busca una concentración de B que mejore los rendimientos de *Coffea arabica* L cv. Caturra. Los datos obtenidos podrán ser utilizados por productores de café, permitiendo obtener mejores réditos económicos y participar en un mercado más competitivo de esta especie.

## Objetivos

### 2.1. Objetivo general

- Evaluar la aplicación foliar de boro en diferentes concentraciones sobre el cuajado de frutos en *Coffea arabica* L cv. Caturra en Guachapala, Azuay – Ecuador.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de boro más efectiva para mejorar el rendimiento en el cuajado de frutos de café.
- Determinar la capacidad de las hojas de café para la absorción de boro.
- Determinar los costos variables por tratamiento.

## Revisión bibliográfica

### 3.1. El cultivo de café

En cuanto al cultivo de café en el Ecuador el cual es denominado como un país de producción de las principales variedades como es la arábica y robusta, es importante destacar que existe una gran deficiencia en la producción a nivel nacional, ya que por determinados factores tales como es el ineficiente manejo, precio o fenómenos naturales se encuentran provocando una disminución del área productiva de café (Sanchez & Andrade, 2015).

El Ecuador al tener características importantes y por la amplia variedad de ecosistemas como es la ubicación y los factores edáficos presentes, permite que los cultivos se adapten de manera eficiente tanto en la costa, sierra, oriente y galápagos por lo que se puede constatar que su producción se realiza en 22 de las 24 provincias (Jiménez y Massa, 2016).

Existen familias dedicadas a la producción de café especialmente como son los pequeños productores, los cuales se encuentran organizados en diferentes asociaciones territoriales, es importante mencionar que un 85% del manejo del cultivo es deficiente generando así rendimientos muy bajos con una producción de 5 a 18 quintales (100 kg) por ha, mientras que el 15% complementario lo realizan de forma semitecnificada generando 16 quintales/ha de café (Sanchez y Andrade, 2015).

Los principales productores de café en el mundo son: Brasil (34,4%), Vietnam (16,9%), Indonesia (8,8%), Colombia (6,7%), Perú (3%) y México (2,9%) (Jiménez & Massa, 2016).

Cabe mencionar que según la Organización Internacional del Café (ICO), Ecuador era considerado como uno de los pioneros a nivel mundial en lo que se trata de la producción de café con un 0,49% es decir 42.000 kg esto para el año 2015 (Sánchez et al., 2018) Ecuador cuenta con 199.215 ha cultivadas, en la cual el 68% del área corresponde a la especie *Coffea arábica* y el 32% a *Coffea canephora* llamado también café robusta (Contreras, 2022).

### 3.2. Descripción botánica

#### 3.2.1. Género

El café es perteneciente a la familia de las rubiáceas (*Rubiaceae*), aquí se encuentran unos 500 géneros y más de 6000 especies que en su mayoría vienen a ser árboles y arbustos. Dentro del género *Coffea* se hallan más de 100 especies, todas ellas procedentes del centro de África tropical y de algunas islas del continente africano como Madagascar (Waller et al., 2007).

### 3.2.2. Morfología

Todas son leñosas, pueden ser árboles o arbustos que van desde los 5 hasta los 10 metros de altura, sus hojas pueden ser de distintos colores como verde lima, verde oscuro o tonalidades purpúreos, de forma elíptica acabadas en punta apareciendo en pares, sus peciolos son cortos y presentan pequeñas estípulas, sus frutos son tipo drupa, con epicarpio carnoso y doble semilla. Las flores aparecen en inflorescencias (Waller et al., 2007).

### 3.2.3. Variabilidad

Dentro del género *Coffea* se encuentran una amplia variedad de especies, sin embargo, las especies más importantes desde el punto de vista económico son *Coffea arabica* L. (café arábico) y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusto), *Coffea excelsa* y *Coffea dewevrei* también se producen comercialmente, pero recientemente se han identificado como variedades de *C. liberica*. *C. arabica* supone el 90% de la producción mundial, 9% *C. canephora* y menos del 1% *C. liberica* y *C. excelsa* o *dewevrei*. El 75% de café consumido a nivel mundial es obtenido de *C. arabica*, la cual es cultivada en gran parte de América Latina, debido a su alta productividad y calidad, *C. canephora* se cultiva principalmente en Brasil, África y Asia, por su mejor adaptación al clima cálido y húmedo y resistencia a la roya del cafeto (Bojórquez, 2010).

### 3.2.4. *Coffea arábica*

Fue descrita por primera vez en 1753 por Linneo. Es una especie tetraploide, presenta un total de 44 cromosomas en lugar de 22. Es un arbusto grande de aproximadamente 5 metros de altura, sus hojas son ovaladas de un color verde oscuro brillante, su época de floración se produce después del periodo de lluvias, sus flores son de color blanco dispuestas en racimo de aroma dulce. Sus frutos verdes y ovalados, al cabo de 7 a 9 meses se produce la maduración cambiando la coloración de los frutos de verdes a rojos, en cada fruto contiene dos semillas ovaladas y aplanadas, es la especie predominante cultivada en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y en Indonesia (Small, 2009; Waller et al., 2007; Masefield et al., 1980).

### 3.2.5. Clasificación taxonómica

En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica del café.

Tabla 1

*Clasificación taxonómica del café*

Clasificación taxonómica del café	
Reino	Vegetal

<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Rubiales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Género</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especie</b>	<i>Coffea arábica L.</i> , <i>Coffea canephora L.</i> , <i>Coffea liberica L.</i>

**Fuente:** Sotomayor y Duicela, (1993)

### 3.3. Origen, distribución e importancia mundial

El cultivo de café es de gran importancia a nivel mundial siendo uno de los puntos claves de la economía de los países latinoamericanos, ya que brindan esa posibilidad de que los cafetaleros tengan mayores oportunidades laborales que permite la integración de las cadenas productivas para la subsistencia de los pequeños productores ocasionando mayores ingresos económicos (Enríquez et al., 2020).

Según investigaciones el origen del cafeto se da en el Norte de África a principios del siglo XVII los cuales fueron llevados por los árabes a Java y luego finalmente por el resto del mundo esto sucede eventualmente en el año de 1706. Cabe destacar que entre las variedades más importantes como es la arábica este tiene su origen en las tierras altas de Etiopía, exactamente a un rango altitudinal de 1,350 a 2,000 msnm, mientras que la variedad canephora (robusta) es nativa de los bosques ecuatoriales de África como son Uganda y la parte sur de Sudán, a una elevación máxima de 1,000 msnm (IICA, 2019).

En lo que respecta al Ecuador la primera vez que se lo introdujo fue en el año de 1830 en el Cantón Jipijapa de la provincia de Manabí siendo ahí su mayor concentración, pero también se lo evidencia en varias partes de las cuatro regiones geográficas del país como son la Costa, Sierra, Amazonía y región Insular (Ponce et al., 2016), como son Quevedo, Mocache, Ventanas, Santo Domingo, Quinindé y Esmeraldas y así en varias zonas de la región amazónica en la cual se dio una gran intensificación de la producción del cultivo de café (Pozo, 2014).

#### 3.3.1. Importancia del cultivo a nivel nacional

El café, en el Ecuador, es considerado como uno de los cultivos de gran relevancia económica, ya que generan importantes fuentes de divisas tanto para el Estado como para

los diferentes productores mejorando su calidad de vida. Según las estadísticas presentadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador en el año 2015 en lo que respecta al ámbito económico se obtuvo un ingreso de USD 145.354.370,31 (Sánchez et al., 2018). Por otro lado, mencionando la parte social las actividades de procesamiento y comercialización del café también se encuentran generando grandes réditos económicos y plazas de trabajo a nivel nacional (Contreras, 2022) .

### **3.4. El fruto del café**

El fruto del café es definido como una baya drupácea, se encuentra conformada por la pulpa, epidermis o exocarpio y el mucilago o mesocarpio que viene a ser una sustancia azucarada que recubre los dos granos enfrentados con cara plana, las almendras de las cuales se extrae la bebida se encuentran recubiertos por dos capas: pergamino o endocarpio, la cual es dura y frágil, y la segunda, una membrana fina llamada espermodermo o película plateada (Ramos et al., 2010).

### **3.5. El Boro**

El boro (B) es uno de los micronutrientes esenciales para el desarrollo normal de las plantas, no se necesita en grandes cantidades en las plantas, pero puede causar problemas de crecimiento graves si no se administra en niveles adecuados (Promix, 2017), los más altos contenidos de boro se encuentran en las paredes celulares, las necesidades de boro más elevadas en la planta se dan cuando el crecimiento en peso de las hojas es más alto y durante la floración y cuajado de frutos (Cooman et al., 2015).

#### **3.5.1. Funciones del Boro**

El B promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la fuerza de la pared celular, la polinización, floración, producción de las semillas y la traslación de azúcar. El boro es un elemento indispensable para el sistema radicular de la plantación, floración, cuajado de frutos y durante el proceso de formación de semillas (Smart, 2019).

#### **3.5.2. Movilidad del boro en la planta**

Es importante aclarar que el B es inmóvil, no se transporta con facilidad hacia el floema, como puede suceder en otras especies, cabe destacar que según investigaciones este micronutriente sí tiene movilidad en el floema pero esto sucede cuando las especies se encuentran utilizando polioles es decir azúcares simples como: manitol, sorbitol como un metabolito fotosintético primario para el transporte de B hacia el floema donde se dirigen hacia las diferentes zonas de acumulación como los meristemas vegetativos o reproductivos, por lo cual la recomendación que se realiza es la aplicación foliar de B ya que es una manera de absorción más directa (Malave & Carrero, 2007).

### **3.5.3. Deficiencia de boro en las plantas**

En lo que respecta a la deficiencia del Boro existen posibles causas que lo provocan como son tipos de suelo, pH, materia orgánica, textura y el clima entre los más importantes, haciendo así que el contenido de B en el suelo disminuya y se encuentre muy limitado para su eficiente absorción. Cabe mencionar que esta deficiencia se da por varias razones como son suelos arenosos con poca cantidad de materia orgánica, zonas en periodos de sequía, suelos donde la relación Ca/B es elevada y alto contenido de nitratos (Gómez y Leguizamón, 2015).

Las consecuencias que ocasiona la deficiencia de B en las plantas es que se evidencia una mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades debido a que las paredes celulares al no tener las cantidades necesarias de B presentan una mayor fragilidad permitiendo el fácil ingreso de varios patógenos. Además, esto se expresa en los puntos de crecimiento de las raíces y follaje, estructuras de florecimiento, fructificación ocasionando un desarrollo deforme de los nudos laterales (Mora, 2019).

### **3.5.4. Toxicidad**

Cuando se encuentra una toxicidad por el Boro este se presenta en las plantas con una muerte de los brotes jóvenes, secreción de resina en la axila de la hoja y presencia de lesiones corchosas (Malave y Carrero, 2007). Uno de los cultivos importantes como es el café concibe de manera eficiente la aplicación de boro, además que es considerada como una de las plantas que soporta cantidades elevadas de B, aunque el punto con la toxicidad es muy estrecho por lo cual las dosis deben ser las correctas (Uribe & Salazar, 1981).

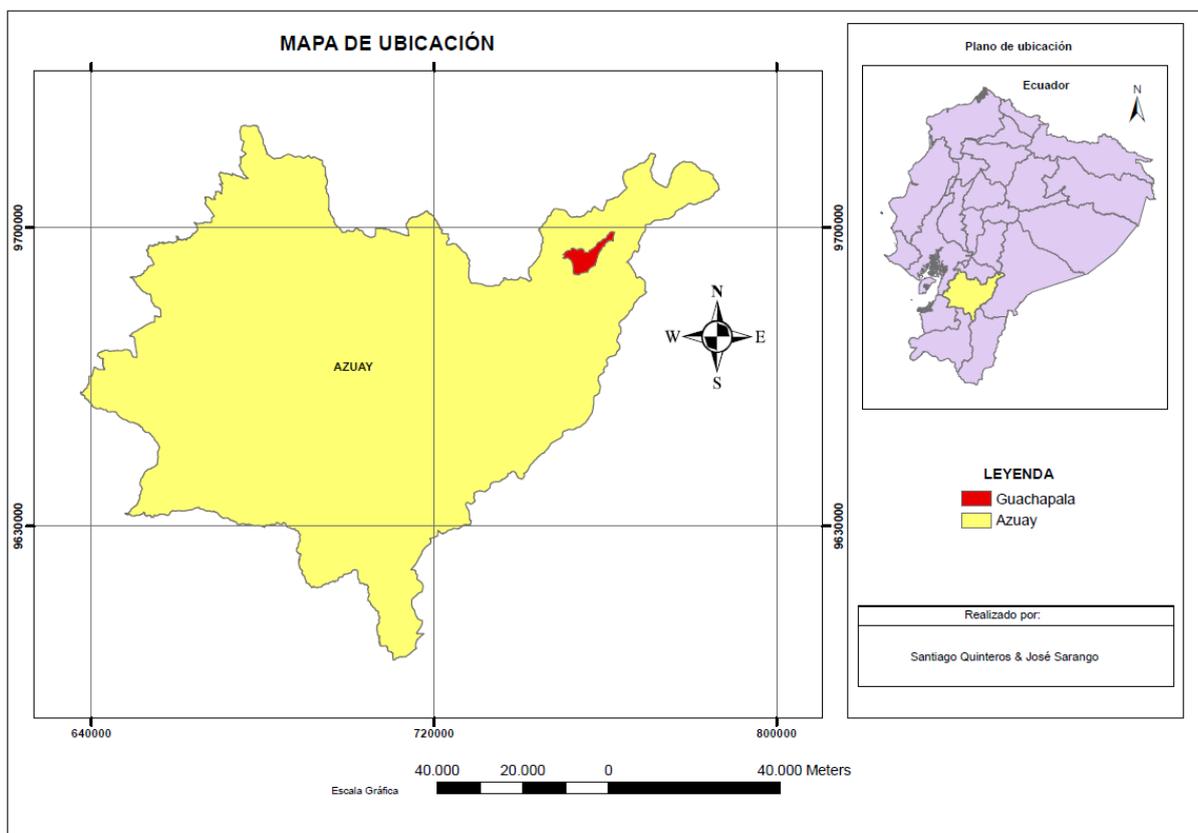
## Materiales y métodos

### 4.1. Área experimental

El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en una plantación experimental de café cv. Caturra, ubicada en la granja El Romeral (Figura 1), perteneciente a la Universidad de Cuenca. La granja se encuentra ubicada en el cantón Guachapala en la Provincia del Azuay, Ecuador, con una altitud de 2200 msnm con coordenadas UTM WGS84 17S X: 753809.6; Y: 9694091.5, la temperatura promedio anual es de 16°C y una precipitación promedio de 1000 mm/año, caracterizada por su clima semi húmedo (Díaz, 2010).

Figura 1

*Ubicación del área de estudio*



### 4.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de carácter experimental. El experimento fue realizado bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 8 tratamientos (incluido un testigo T1) y 4 repeticiones por tratamiento un total de 32 plantas de café cv. Caturra, siendo la unidad experimental cada rama ubicada en los cuatro puntos cardinales, en el cual se utilizó la luz como factor de bloqueo, debido a que en uno de los márgenes de la parcela existe un borde de árboles altos.

#### 4.3. Materiales

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron materiales: físicos, químicos y biológicos.

##### 4.3.1. Material físico

Fundas de papel, fundas plásticas, libreta de campo, etiquetas, cinta métrica, bomba manual con spray, balanza, equipo de oficina.

##### 4.3.2. Material químico

Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )

##### 4.3.3. Material biológico

Para el material vegetal de la presente investigación se emplearon plantas de café (*Coffea arabica* L cv. Caturra), de 4 años de edad, las cuales se encontraban en un marco de plantación cuadrado de 1,40 m x 1,40 m.

#### 4.4. Selección de árboles y ramas del café

Se procedió a delimitar el área de estudio en el que se seleccionaron 32 árboles del cultivo de café cv. Caturra, en lo posible con características morfológicas similares. Para la toma de datos de las diversas variables se realizó la identificación de 4 ramas por cada árbol seleccionado, una rama por cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste), partiendo desde el ápice hacia la base de la planta, se escogieron las ramas más maduras y en floración. Para la selección de árboles se la realizó de manera intercalada con el fin de que los tratamientos no interfieran unos a otros ya que las plantas se encontraban muy contiguas entre sí, para finalmente realizar el respectivo etiquetado.

#### 4.5. Tratamientos utilizados

Los diferentes tratamientos con sus respectivas concentraciones utilizados en la investigación se encuentran descritos en la tabla 2.

Tabla 2

*Descripción de los tratamientos y dosis empleadas*

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	0 ppm $H_3BO_3$
T2	20 ppm $H_3BO_3$
T3	30 ppm $H_3BO_3$
T4	40 ppm $H_3BO_3$

T5	50 ppm H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
T6	60 ppm H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
T7	70 ppm H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
T8	80 ppm H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>

---

#### 4.6. Cálculo de concentraciones y aplicación de tratamientos

Para el cálculo de las concentraciones se procedió a realizar la respectiva transformación de ppm de ácido bórico a g/L mediante la fórmula  $g/lt = \frac{ppm*0,1}{\% \text{ concentracion}}$ . El pesaje de las diferentes cantidades de Boro, cuya presentación era sólida se lo realizó en el mismo laboratorio de la granja El Romeral, para lo cual se empleó una balanza de precisión (Ohaus, Adventurer™, USA). Posterior al cálculo y pesaje se procedió a realizar la aplicación de los tratamientos en una bomba manual con spray con capacidad de 2 L, para cada tratamiento se realizó el lavado respectivo de la bomba para evitar alterar las concentraciones, todas las plantas fueron asperjadas con los diferentes tratamientos para cada una hasta llegar al punto de goteo.

La aplicación de los tratamientos se realizó por una única vez esperando al momento en que las plantas de café se encontraran en floración, cabe recalcar que durante el periodo que duró la investigación no se realizó ningún otro tipo de fertilización.

#### 4.7. Metodología

##### 4.7.1. Objetivo específico 1

*Determinar la concentración de boro más efectiva para mejorar el rendimiento en el cuajado de frutos de café.*

Para lograr determinar la concentración de boro que resulte más efectiva en el cuajado del café se evaluaron algunas variables de respuesta luego de la aplicación foliar de los tratamientos, especificadas a continuación:

- a. Porcentaje de frutos cuajados
- b. Peso del fruto en fresco

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una bomba de aspersion manual (tamaño de gota de aproximadamente 150 micras) rociadas en toda la planta en floración, una vez aplicados los tratamientos de manera inmediata se procedió a realizar el conteo total del número de flores presentes en las 4 ramas seleccionadas explicado anteriormente, con la

finalidad de poder calcular el porcentaje de cuajado de frutos. Una vez realizado este conteo, se dio seguimiento a la investigación durante 120 días

## ***Variables cuantificadas***

### **Número de frutos cuajados**

A los 30, 60 y 90 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, se procedió a contabilizar el número total de frutos cuajados en las 4 ramas previamente seleccionadas de cada planta.

### **Porcentaje de frutos cuajados**

En base al número de frutos cuajados, se calculó el porcentaje de frutos cuajados a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación de los tratamientos. El porcentaje de frutos cuajados fue determinado mediante el conteo inicial del número de flores presentes en cada rama y al final se lo comparó con el número de frutos cuajados en los diferentes lapsos de tiempo establecidos.

### **Peso del fruto en fresco (A los 120 días de la aplicación de los tratamientos)**

Finalmente, para el último registro de datos se procedió a recolectar en una funda plástica debidamente etiquetada, los frutos de las 4 ramas de cada planta, para ser llevados a laboratorio y realizar su pesaje. Con la ayuda de una balanza de precisión se determinó el peso del fruto en fresco.

#### **4.7.2. Objetivo específico 2**

*Determinar la capacidad de las hojas de café para la absorción de boro.*

Se realizó un muestreo de hojas antes de la aplicación y 10 días después de la aplicación de tratamientos para análisis foliar y determinar la capacidad de absorción de B a nivel foliar en café.

Para el muestreo, se recolectaron 100 gramos de muestra de hojas, las cuales se tomaron completamente al azar del tercio medio de la planta. Posterior a esto se sometió a un proceso de lavado superficial de todas las hojas y se guardaron en fundas de papel etiquetadas para el envío hacia el laboratorio de AGROBIOLAB ubicado en la ciudad de Quito, para el respectivo análisis foliar de Boro. Se enviaron muestras de los tratamientos T1, T3, T5 y T7, y se realizaron las determinaciones en 3 repeticiones de cada uno de estos tratamientos.

### 4.7.3. Objetivo específico 3

*Determinar los costos variables por tratamiento.*

Los costos variables de cada tratamiento fueron analizados en base al precio actual del producto en el mercado del Ecuador, y la mano de obra a utilizarse para la aplicación de los tratamientos.

El cálculo se lo realizó en base a un sistema de plantación de marco real cuadrado con una distancia de siembra de 1,40 x 1,40 metros entre filas y columnas, es decir para un total de 5102 plantas/ha.

### 4.7.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el software estadístico INFOSTAT®. Se realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de los datos, concluyendo que los datos de porcentaje de frutos cuajados a los 30, 60 y 90 días y el peso de frutos se ajustaron a la normalidad y homocedasticidad. En el caso de la variable porcentaje de frutos cuajados, los valores porcentuales fueron transformados mediante la expresión  $\sqrt{x/100} \cdot (180/3,14)$ , con el fin de poder aplicar la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para cumplir los supuestos del ANOVA.

## Resultados

### 5.1 Porcentaje de frutos cuajados

Para comprobar la normalidad de los datos se realizó la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 3), en donde se pudo confirmar que los resultados de los frutos cuajados obtenidos tanto a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación de los diferentes tratamientos, se distribuyen de forma normal ( $p > 0.05$ ). Referente a la verificación de la homocedasticidad de los datos se empleó la prueba de Levene (Tabla 4), verificando que existe homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ).

Tabla 3

*Prueba de Shapiro-Wilk para la variable de porcentaje de cuajado de frutos en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

Variable	n	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Cuajado 30 días	32	9,37	0,95	0,4819
Cuajado 60 días	32	8,50	0,92	0,0701
Cuajado 90 días	32	8,25	0,93	0,1071

Tabla 4

*Prueba de Levene para la variable de porcentaje de cuajado de frutos en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

F.V.	gl	F			p-valor		
		30 días	60 días	90 días	30 días	60 días	90 días
Tratamientos	7	1,46	1,70	2,21	0,2358	0,1636	0,0756
Error	21						
Total	31						

### 5.2 Porcentaje de frutos cuajados a los 30 días de la aplicación de ácido bórico

Mediante el ANOVA realizado (Tabla 5), para el porcentaje de frutos cuajados a los 30 días posteriores de la aplicación de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados (Figura 2). Con un coeficiente de variación de  $CV=16,76\%$

Tabla 5

*Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 30 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

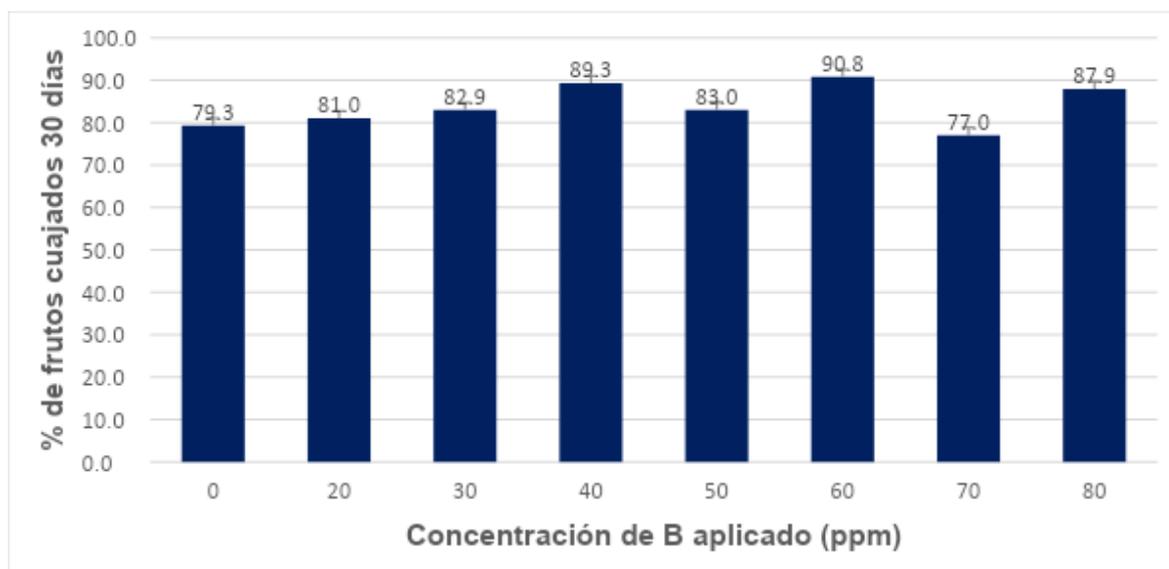
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	327,40	7	46,77	0,36	0,9146
Repeticiones	64,11	3	21,37	0,17	0,9187
Error	2719,17	21	129,47		
Total	3110,68	31			

C.V.= 16,76%

La Figura 2 muestra los valores de porcentaje de frutos cuajados registrados en el experimento.

Figura 2

Porcentaje de frutos cuajados a los a los 30 días posteriores a la aplicación foliar de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra



### 5.3 Porcentaje de frutos cuajados a los 60 días de la aplicación de ácido bórico

Según los resultados del análisis de varianza (ANOVA) que se muestra en la Tabla 6, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados (Figura 3) en relación al porcentaje de frutos cuajados a los 60 días después de su aplicación. El coeficiente de variación obtenido fue de 15,47%.

Tabla 6

Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 60 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra

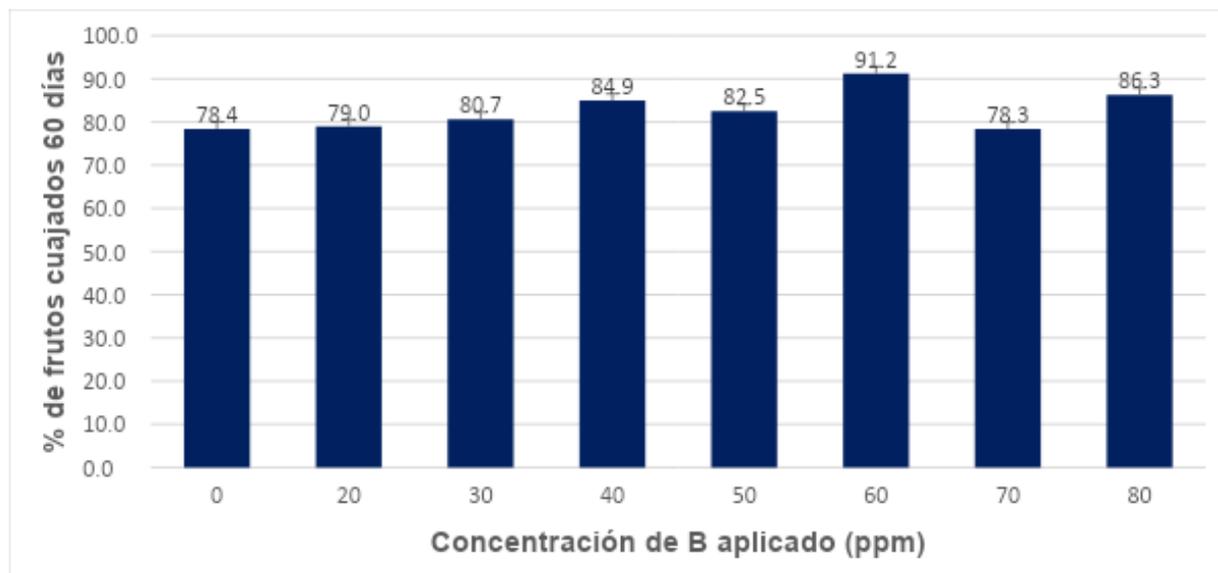
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	348,52	7	49,79	0,47	0,8470
Repeticiones	95,66	3	31,89	0,30	0,8254
Error	2236,65	21	106,51		
Total	2680,82	31			

C.V.= 15,47%

La Figura 3 muestra los valores de porcentaje de frutos cuajados registrados en el experimento.

Figura 3

Porcentaje de frutos cuajados a los a los 60 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra



#### 5.4 Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días de la aplicación de ácido bórico

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) realizado y presentado en la Tabla 7, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados (Figura 4) en cuanto al porcentaje de frutos cuajados a los 90 días después de su aplicación. Con un coeficiente de variación de 15,15%.

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable de porcentaje de frutos cuajados a los 90 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	311,53	7	44,50	0,44	0,8636
Repeticiones	124,51	3	41,50	0,41	0,7452
Error	2108,89	21	100,42		
Total	2544,93	31			

C.V.= 15,15%

La Figura 4 muestra los valores de porcentaje de frutos cuajados registrados en el experimento.

Figura 4

Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra

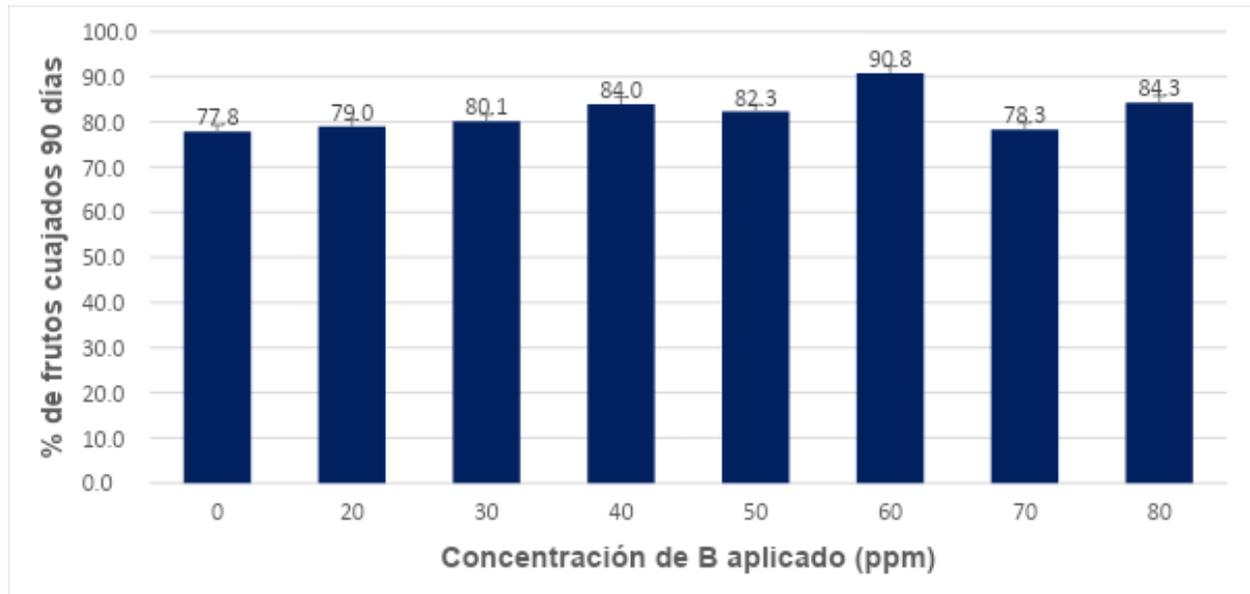
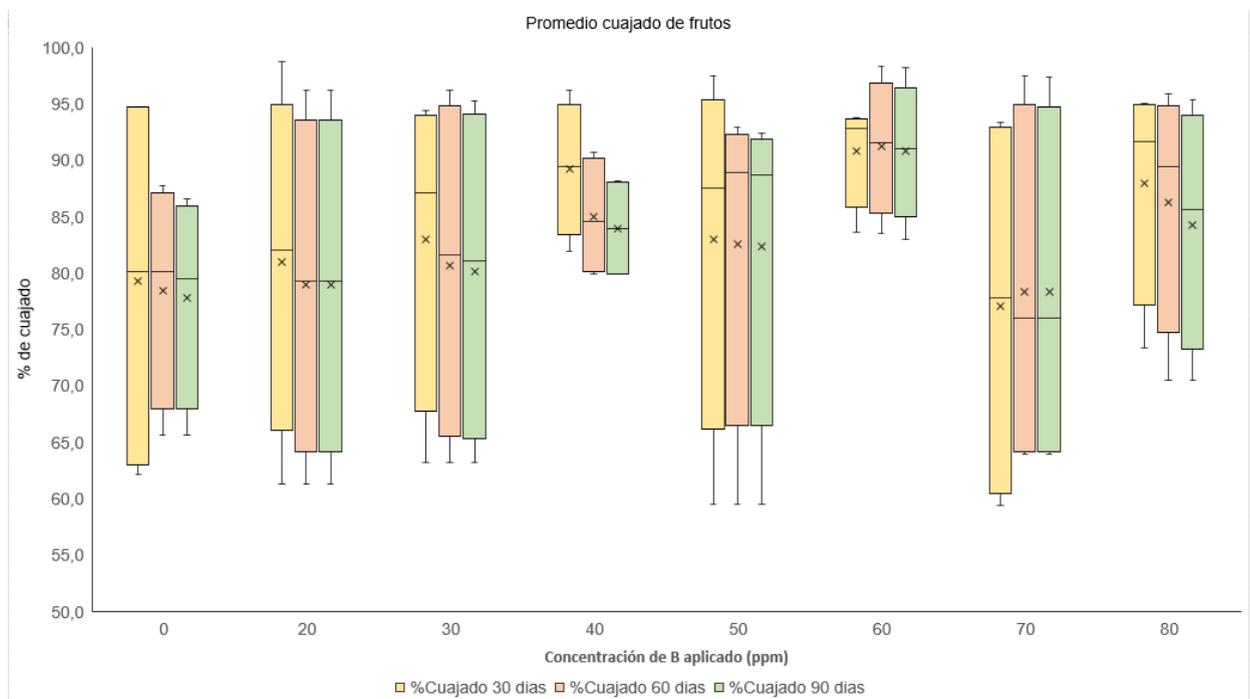


Figura 5

Cuajado de frutos de café a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación foliar de  $H_3BO_3$  en diferentes concentraciones



### 5.5 Peso del fruto en fresco

Para analizar el peso del fruto se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, tal como se indica en la Tabla 8, donde se observó que los datos presentaron normalidad ( $p > 0,05$ ). Además, se aplicó la prueba de Levene, cuyos resultados se muestran en la Tabla 9, y se evidenció que los datos presentaron homogeneidad ( $p > 0,05$ ).

Tabla 8

*Prueba de Shapiro-Wilk para la variable del peso de fruto en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

Variable	n	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Peso 120 días	32	47,98	0,93	0,1092

Tabla 9

*Prueba de Levene para la variable del peso de fruto en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2863,89	7	409,13	0,54	0,7937
Error	18098,77	24	754,12		
Total	20962,66	31			

Según los resultados del análisis de varianza (ANOVA) presentados en la Tabla 10, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados para el peso del fruto a los 120 días después de su aplicación.

Tabla 10

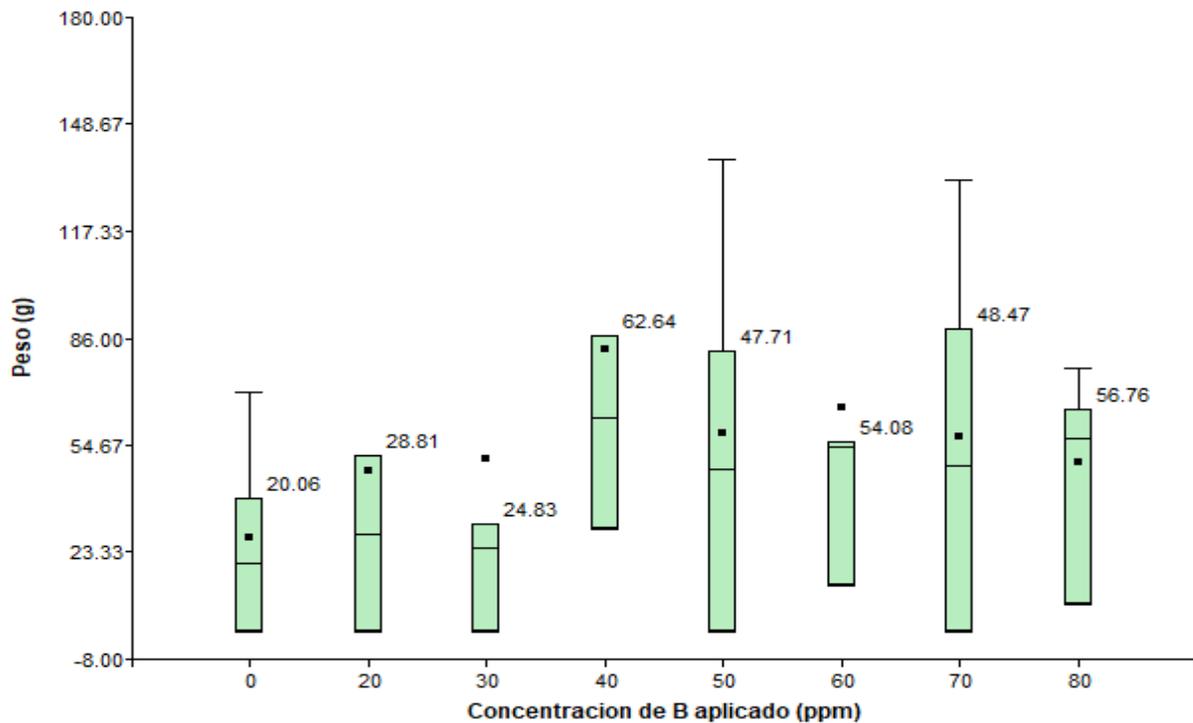
*Análisis de varianza para la variable del peso de fruto a los 120 días posteriores a la aplicación de  $H_3BO_3$  en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	6989,80	7	998,54	0,29	0,9488
Repeticiones	6483,68	3	2161,23	0,64	0,6002
Error	71373,48	21	3398,74		
Total	84846,96	31			

En la Figura 6, se muestran los diferentes pesos del fruto en los distintos tratamientos, registrados en el experimento.

Figura 6

*Peso de frutos cuajados a los a los 120 días posteriores a la aplicación de H3BO3 en el cultivo de café (Coffea arábica L.) cv. Caturra*



## 5.6 Capacidad de absorción de Boro en las hojas de café cv. Caturra

Para determinar la capacidad de absorción de boro a través de las hojas en el cultivo experimentado se calculó la diferencia entre el contenido inicial de boro y el contenido post-aplicación de las concentraciones, para posteriormente realizar un modelo de regresión lineal y determinar una correlación entre lo que había al inicio y posterior a la aplicación.

Mediante el modelo realizado (Figura 7), se observó una tendencia incremental de la concentración de boro dentro de la hoja conforme incrementamos el nivel de aplicación, no obstante, al menos en el experimento realizado la correlación no fue significativa dentro de los niveles que se utilizó (Tabla 11).

Figura 7

Capacidad de absorción de boro de acuerdo al nivel de concentraciones aplicadas

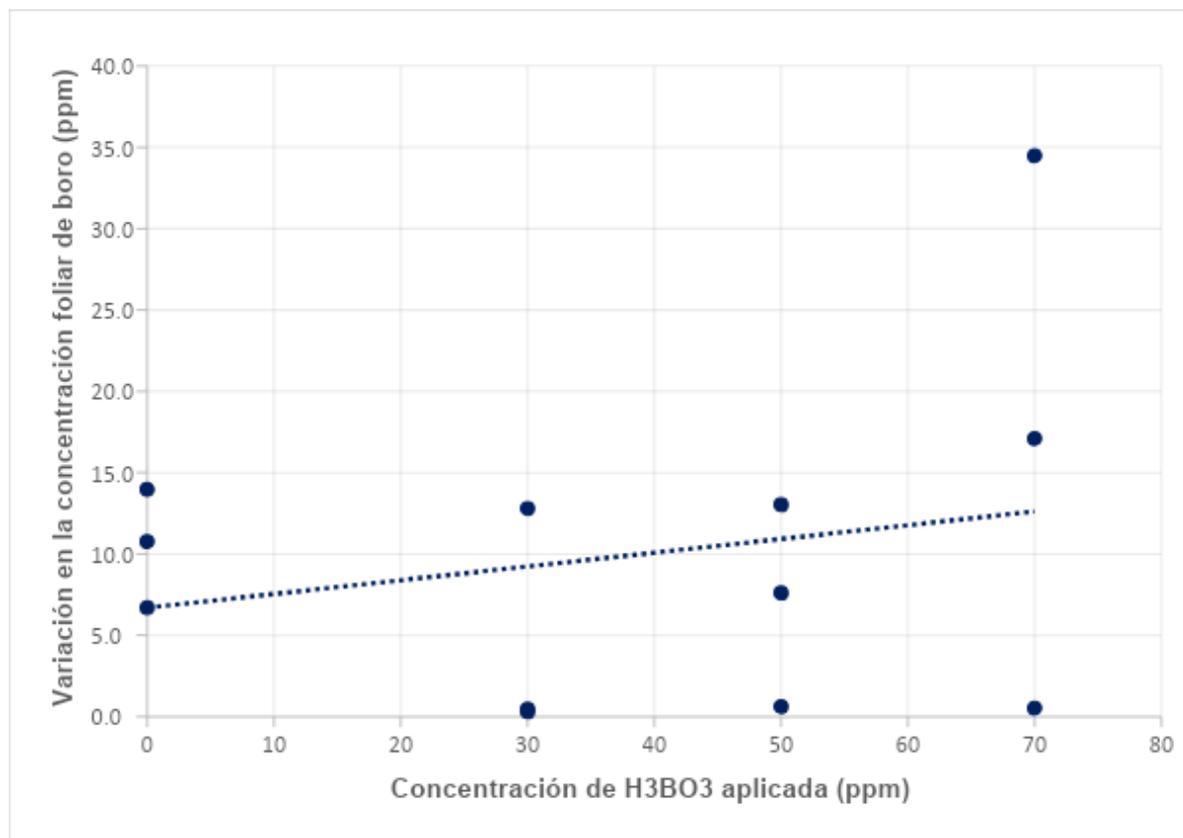


Tabla 11

Análisis de varianza del modelo de regresión entre la concentración de H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub> aplicado y la variación en la concentración de B foliar en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) cv. Caturra

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
PPM	56.78	1	56,78	0,56	0,4700
Error	1006,75	10	100,68		
Total	1063,53	11			

### 5.7 Costos de aplicación de los tratamientos

Los costos de aplicación varían dependiendo del nivel de aplicación, acorde se incrementa la cantidad de boro el costo se eleva. En la Tabla 12 se presentan los costos variables por hectárea.

Tabla 12

Descripción del requerimiento por hectárea y costos de aplicación de diferentes concentraciones de  $H_3BO_3$

Tratamientos	Costo H3BO3 (USD/ ha)	Costo jornal (USD/ ha)	Costo total (USD/ ha)
Control	0	0	0
20 ppm	0,20	42,5	42,70
30 ppm	0,31	42,5	42,81
40 ppm	0,41	42,5	42,91
50 ppm	0,51	42,5	43,01
60 ppm	0,61	42,5	43,11
70 ppm	0,71	42,5	43,21
80 ppm	0,82	42,5	43,32

Nota: el costo de 1 kg de B es de 2 USD, el costo de un jornal es de 21,25 USD. Se considera el uso de 2 jornales/ha

### Discusión

En la presente investigación dentro de los rangos de concentraciones evaluadas no se presentó significancia en ninguna de las variables evaluadas. Si bien pocos reportes se encuentran acerca del efecto de la aplicación foliar de B en especies de *Coffea* en etapa productiva, Debastiani et al. (2019) indican que la deficiencia de B en *Coffea arabica* puede tener un impacto en el crecimiento, rendimiento y calidad del café.

Estudios anteriores han demostrado la correlación entre estas deficiencias nutricionales en especies tales como *Prunus armeniaca* (Rodrigo et al., 2000), *Persea americana* (Boldingh et al., 2016) y *Punica granatum* (Davarpanah et al., 2016). Sarkar et al. (2007) menciona que además la aplicación de B de manera foliar tiene efectos beneficiosos en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, lo cual permite aumentar significativamente la tasa de cuajado de frutos.

En otro estudio realizado por Blevins et al. (2008) encontraron que la aplicación foliar de boro antes de cada año de cosecha en dos cultivares de arándanos resultó en un aumento del 12% del rendimiento en términos de número de bayas/planta y del 10% en el peso de los arándanos por planta durante el estudio de cuatro años. Es importante destacar que estos resultados pudiesen diferir del presente trabajo, en el cual se varió el número de aplicaciones realizadas.

Así también en la investigación realizada por Quiroga et al. (2018), donde evaluaron la aplicación foliar de boro en el desarrollo fenológico y cuajado de fruto de maracuyá (*Pasiflora edulis f. edulis* Sims), utilizando como fuente ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), se observó que el mayor porcentaje de cuajado de frutos se obtuvo con la aplicación de B en etapa de formación de botón floral mediante la aplicación de 0,3 kg/ha, con 5 aplicaciones durante el estudio, en contraste con la presente investigación donde se realizó una única aplicación en flor abierta.

Según Marschner (2012) y El-Gawad et al. (2014) el suministro de B en los tejidos reproductivos de las plantas tiene un efecto positivo en la producción de flores y en la maduración del fruto. Esto se debe a que los órganos reproductivos de las plantas, que están en constante crecimiento y tienen paredes celulares ricas en pectina, requieren grandes cantidades de B para funcionar adecuadamente, lo que pudo haber inferido dentro de la presente investigación ya que la aplicación no se la realizó al momento del desarrollo de los botones florales.

En lo que se refiere al peso de los frutos, aunque en este trabajo no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, se pudo observar que la aplicación de boro condujo a un aumento en el peso de los frutos en comparación con el tratamiento de control, que obtuvo un peso menor., según Mengel (2001), la aplicación de B mediante pulverización foliar puede mejorar de forma significativa las propiedades físicas de los frutos, tanto en tamaño como en peso. Esta mejora puede deberse a que el boro aumenta la tasa de transporte de azúcares hacia las áreas de crecimiento y maduración, lo que pudo haber promovido al desarrollo y peso de los frutos en el marco de la presente investigación. Alemayehu et al. (2017), en su estudio los autores encontraron que la aplicación foliar de boro aumentó significativamente el peso de los granos de café en un 23,3% en comparación con el grupo de control a una concentración de boro de 80 mg/L aplicada foliarmente.

En cuanto a los resultados del análisis foliar, se observa que la aplicación de diferentes concentraciones de ácido bórico (0, 30, 50 y 70 ppm) no presentó un efecto significativo en los cafetos, como lo indica el valor de  $p$  (0,8261), a pesar de ello se logró un aumento en la concentración foliar de este nutriente. Un estudio previo llevado a cabo por Leite et al. (2007), en el que se evaluó la aplicación foliar de 500 ppm de ácido bórico, indicó un incremento de boro en las hojas. Esto puede explicarse por la capacidad que tienen las plantas de café para absorber y acumular mayores cantidades de B a medida que se desarrollan. Por lo tanto, los análisis realizados demuestran que el boro se retiene en los tejidos foliares y provoca un incremento en su concentración.

Otro aspecto relevante a considerar es que nuestros datos muestran incrementos en los niveles de concentración de boro a nivel de las hojas. Este resultado coincide con el estudio de Rosolem et al. (2020), quienes realizaron tratamientos de aplicación foliar de soluciones de boro a una concentración de 1,04 ppm, preparadas a partir de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y de un fertilizante B con 8,0 % de B, 19 % de sorbitol y 14 % de monoetanolamina (B-sorbitol). En su investigación, obtuvieron una absorción del 50% en las primeras 24 h de la aplicación de los tratamientos, por lo cual existió incrementos en la concentración foliar de boro. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados obtenidos en este estudio muestran una absorción total aproximada del 60 y 80 % de la cantidad aplicada. Asimismo, en otro estudio elaborado por Salamanca y González. (2020), se aplicó una fuente de boro (0-0-0-21B) a una concentración aplicada del 0,30 %, y se comparó con diferentes nutrientes, como Ca, K, N y Mg. Esencialmente, el boro suministrado provocó incrementos significativos del 34% en su concentración foliar, en comparación con los demás tratamientos.

Es importante destacar que, según el estudio de Rosolem et al. (2020), la absorción de boro en los cafetos se ve afectada por la densidad de estomas y la cutícula de las hojas. En particular, se menciona que las hojas de café presentan una densidad de cera de 0.07 mg/cm<sup>2</sup>, lo cual limita la absorción de nutrientes aplicados por aspersión foliar. Sin embargo, hay una posible excepción cuando se trata del boro, ya que su estructura química le permite moverse a través de la cutícula de la hoja, como mencionan Salamanca & González. (2020) en su estudio sobre la respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. Además, es importante señalar que la temperatura también podría afectar la eficacia de la absorción de boro en los cafetos. Por lo tanto, la presencia de cera en las hojas actúa como una barrera que podría disminuir la capacidad de absorción de las formulaciones aplicadas, lo que podría haber afectado el contenido total de fertilizante presente en las hojas en nuestros resultados.

Además, es importante considerar la ubicación del estudio, ya que las condiciones climáticas del lugar también pueden influir en la absorción de B. En lugares con condiciones adecuadas, es probable que la absorción de B sea mayor, esto se menciona en el estudio de Rosolem et al. (2020), en el que explica que una alta humedad relativa tiene un efecto significativo en la absorción de fertilizantes foliares cuando se encuentran en fase líquida en este sentido la alta capacidad de absorción de humedad del ácido bórico puede ayudar a retener el fertilizante en la superficie de las hojas, lo que aumentaría el tiempo durante el cual el boro estaría disponible para ser absorbido por las plantas lo cual también es

mencionado por Trinidad y Aguilar (1999), denominado fertilización foliar en el rendimiento de cultivos.

## Conclusiones

En relación con la aplicación de diferentes concentraciones de ácido bórico con el fin de mejorar el rendimiento del cuajado de frutos, se demostró que no existieron diferencias significativas en el rango de tratamientos aplicados.

A pesar de que los datos obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el cuajado de frutos, se observó que el tratamiento T6 (60 ppm) de ácido bórico presentó cierta tendencia hacia mejorar el porcentaje de cuajado a los 30, 60 y 90 días en comparación con las otras concentraciones aplicadas.

Con respecto a la variable del peso del fruto, según el Anova realizado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. A pesar de este resultado, se observa que, a los 120 días de la aplicación de los tratamientos, el T4 (40 ppm) presenta una propensión a incrementar el peso del fruto.

Finalmente, en la capacidad de absorción de boro a través de las hojas, los análisis de nuestro experimento no mostraron una correlación significativa entre los niveles de boro aplicados y la absorción foliar. En cuanto a los costos variables de aplicación de los tratamientos se verificó que acorde se incrementa la concentración de boro el costo aumenta en pequeñas proporciones. Esto debido principalmente al hecho de que el costo de la mano de obra de aplicación es significativamente mayor.

### Recomendaciones

Se recomienda seguir en la línea de investigaciones adicionales en el área de la nutrición de boro en el cultivo del café, y permita establecer algunas posibles estrategias para mejorar la absorción y el uso del boro por parte de las plantas de café. Información que será valiosa para los agricultores, investigadores y otros profesionales interesados en el cultivo del café y su nutrición que mejoren su rendimiento, producción y calidad del fruto.

Realizar estudios de campo a largo plazo para determinar si los resultados se mantienen consistentes a través del tiempo y proporcionar información más sólida, además de evaluar si existen efectos del boro en otros aspectos de la calidad del café, como grados brix, contenido de cafeína, etc. Esto permitirá comprender mejor el impacto del boro en la calidad final del fruto.

Realizar un análisis de suelos pre aplicación de los tratamientos ya que, si el contenido de boro en el suelo es suficiente, éste puede llegar a satisfacer las necesidades nutricionales de la planta.

Ampliar el rango de concentraciones de boro para determinar si existe un nivel óptimo que maximice significativamente el cuaje de frutos.

Además, de poder evaluar la influencia del boro en el cuajado del café en condiciones específicas, como diferentes variedades de café, regiones geográficas, etc. Estas variables pueden tener un impacto significativo en la respuesta del cultivo al boro y podrían revelar patrones o efectos particulares.

Investigar la influencia del boro en otras etapas críticas del desarrollo del café como la floración, crecimiento vegetativo y calidad de cosecha.

Investigar la influencia de otros factores como la temperatura, humedad, etc., en el proceso de cuajado del café, estas variables podrían proporcionar un panorama más completo y comprender que podrían estar influyendo en el resultado final del cuaje de fruto.

Finalmente, fomentar la divulgación de resultados que permita compartir los hallazgos de diversos estudios con la comunidad científica y los actores involucrados en la producción del café.

### Referencias

- Alemayehu, T., & Mengistie, B. (2017). Foliar application of boron increases the productivity and quality of coffee plants. *International Journal of Agronomy*, 2017, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/2659479>
- Arévalo, G. (2011). Requerimientos nutricionales del cultivo. *Zamorano*. 17–32.
- Bojórquez, J. (2010). Efecto del al sobre el crecimiento radical de plántulas de cafeto cultivadas in vitro. *CICY*, 12. <http://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/844>.
- Boldingh, H., M. Alcaraz, T. Thorp, P. Minchin, N. Gould y J. Hormanza. (2016). Carbohydrate and boron content of styles of “Hass” avocado (*Persea americana* Mill.) flowers at anthesis can affect final fruit set. *Sci. Hortic.* 198, 125-131. Doi: 10.1016/j.scienta.2015.11.011
- Brodie, E. (2011). Boron or not boron. *Reporting on Agriculture in Western Canada*. 25-33 p.
- Blevins D. G., Scrivner L. C., Reinbott T. M. & Schon M. K. (2008). Foliar boron increases berry number and yield of two highbush blueberry cultivars in MissouriFootnote. *Journal of plant nutrition*. Doi: 10.1080/01904169609365110
- Carvajal, J. (1984), *Cafeto: cultivo y fertilización*. 2 ed. Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 254 p. Recuperado de: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/65-carvajal-cafeto-cultivo-y-fertilizacion.pdf>
- Cervilla, M. (2009). Respuesta fisiológica y metabólica a la toxicidad por boro en plantas de tomate. Estrategias de tolerancia. Universidad de Granada. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10481/2358>
- Chacón, Y., Chacón, A., Vargas, M., Cerda, J., & Hernández, R. (2021). Nuevo bioestimulante de floración y maduración en café (*Coffea arábica* L.). *SciELO*, 983-984.
- Clemente, J. M., Martínez, H. E. P., Pedrosa, A. W., Poltronieri Neves, Y., Cecon, P. R., & Jifon, J. L. (2018). Boron, copper, and zinc affect the productivity, cup quality, and chemical compounds in coffee beans. *Journal of Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7960231>

- Contreras, O. (2022). Nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.) en Ecuador. *dspace*, 5-6. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11343>.
- Cooman, A., Torres, C., Fischer, G. (2015). Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*, vol. 23, núm. 1, pp. 74-82. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652005000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000100010).
- Davarpanah, S., A. Tehranifar, G. Davarynejad, J. Abadia y R. Khorasani. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Sci. Hortic.* 210, 57-64. Doi: 10.1016/j.scienta.2016.07.003
- Debastiani, V. J., Zambolim, L., Filho, A. B., & Carvalho, V. L. (2019). Boron Deficiencies in Coffee: Current Knowledge and Future Perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(27), 7529-7541. doi: 10.1021/acs.jafc.9b01823
- Díaz, L. (2010). *Estudio de impacto ambiental producido en la granja agrícola "El romeral"*. [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2592/1/tm4365.pdf>
- Enriquez, J., Retes, R., & Vázquez, E. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. *Unitec*, 2-3. <https://doi.org/10.5377/innovare.v9i3.10649>.
- El-Gawad, A. y H. Osman. (2014). Effect of exogenous application of boric acid and seaweed extract on growth, biochemical content, and yield of eggplant. *J. Hort. Sci. Ornam. Plants* 6(3), 133-143. Doi: 10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1147.
- GAD Parroquial de Guachalapa. (2013). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial "Cantón Guachapala."* Recuperado de <https://guachapala.gob.ec/wp-content/uploads/2017/11/PDOT-2017-GAD.pdf>.
- Gómez, A., & Leguizamón, J. (2015). Importancia del Boro para las plantas. *Cenicafe*, 2-3. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/783>.
- IICA. (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. 8-9. Recuperado de:

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). Fascículo Provincial Azuay. *Equipo de Comunicación y Análisis del Censo de Población y Vivienda. INEC.*, 1(1), 8.
- Jiménez, A., & Massa, P. (2016). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola Ecuador. Departamento de Economía. Universidad Técnica Particular de Loja 2-3. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195648804006>
- Leite, V., Brown, P., & Rosolem, C. (2007). Translocación de boro en cafetos. *Researchgate*, 5-6.
- Malave, A., Carrero, P., Lemus, M., & García, M. (2009). Contenido de Boro en plantaciones de café en dos localidades cafetaleras de Venezuela . *Scielo*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000100002>
- Malave, A., & Carrero, P. (2007). Desempeño funcional del boro en las plantas. *Dialnet*, 7-8. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2550636.pdf>
- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3a ed. Academic Press, Londres, UK. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- Mengel, K., E. Kirkby, H. Kosegarten y T. Appel. (2001). Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda. Doi: 10.1007/978-94-010-1009-2
- Mora, B. (2019). El boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto. 6-7. Universidad técnica de Babahoyo. Recuperado de : <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6686>
- Nable, R., Bañuelos, G. & Paull, J. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil*. 181198. CSIRO. <https://doi.org/10.1023/A:1004272227886>.
- Ortiz, M., Delatorre Castillo, J. P., Sepúlveda, I., Low, C., Ruiz, K. B., & Delatorre Herrera, J. (2021). Efectos de distintas concentraciones de boro y pH en el crecimiento de Zea mays var. Capia blanca, un maíz ancestral de Chile. *Idesia (Arica)*. 111–119. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000200111>

- Ponce, L., Orellana, K., & Acuña, I. (2016). Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador. *Flores*, 2. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5768631>.
- Pozo, M. (2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000-2011. *Puce*, 32. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6848/7.36.001425.pdf;sequence=4>.
- Promix. (2017). Rol del boro en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-elcultivo-de-plantas/>.
- Ramos, P. J., Sanz, J. R., & Oliveros, C. E. (2010). Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición de color. *Cenicafé*, 61(4), 315–326. Recuperado de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061\(04\)315-326.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061(04)315-326.pdf).
- Rodríguez M., Muñoz E., Bernal M. de los Ángeles. (2009). Estudio comparativo de la tolerancia al boro de dos variedades de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*. 509-516. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3358144>.
- Rodrigo, J., J. Hormanza y M. Herrero. (2000). Ovary starch reserves and flower development in apricot (*Prunus armeniaca*). *Physiol. Plant.* 108(1), 35-41. Doi: 10.1034/j.1399-3054.2000.108001035.
- Rosolem, C., Silva, D., & Cruz, C. (2020). Impacto del poliol-éster en la absorción foliar de boro y la removilización en árboles de algodón y café. *Scielo*, 4-5-6. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200023>.
- Rubio, F. & Vanzetti, G. (2014). Disponibilidad de boro en un suelo de justiniano posse y respuesta a la aplicación foliar en soja. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/>.
- Sánchez, J., & Andrade, P. (2015). Cultivo de Café. 8-9.
- Sánchez, S., Orellana, D., & Pérez, P. (2018). La realidad ecuatoriana en la producción de café. *Dialnet*, 4-5-6. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6732775>.

- Salamanca, A., & Gonzales, H. (2020). Respuest del cafe a la aplicacion foliar de nutrientes . *Cenicafe*, 129. Recuperado de <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cenicafe/article/view/63/45>.
- Sarkar, D., B. Mandal y M. Kundu. (2007). Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. *Plant and Soil* 301(1-2), 77-85. Doi: 10.1007/s11104-007-9423-1
- Small, E. (2009). Top 100 Food Plants Important Culinary Crops. The world's most important culinary crops. *NRC Research Press*, 187–197. Recuperado de <https://agrifs.ir/sites/default/files/.pdf>.
- Smart. (2019). El Boro en las plantas. Recuperado de <https://www.smartfertilizer.com/es/articles/boron>
- Sotomayor, I., & Duicela, L. (1993). MANUAL DEL CULTIVO DEL CAFE INIAP. *INIAP*, 19. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1619>.
- Trinidad, A., & Aguilar, D. (1999). Fertilizacion foliar, un respaldo importante en el rendimiento del cultivo. *Redalyc*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317309.pdf>.
- Uribe, A., & Salazar, N. (1981). Efecto de los elementos menores en la producción de café. *Cenicafe*, 9-10.
- Velásquez, R. (2016). Guía de variedades de café. *Anacafé*, 5–6. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Waller, J., Bigger, M., & Hillocks, R. (2007). Coffee Pests, Diseases and Their Management. *CABI*, 7. Recuperado de <http://sherekashmir.informaticspublishing.com/654/1/9781845931292.pdf>.

## Anexos



Anexo A. Delimitación del área de estudio



Anexo B. Etiquetado de las plantas de café



Anexo C. Pesaje de muestras foliares



Anexo D. Envío de muestras foliares



*Anexo E. Pesaje de los tratamientos*



*Anexo F. Tratamientos a aplicar*



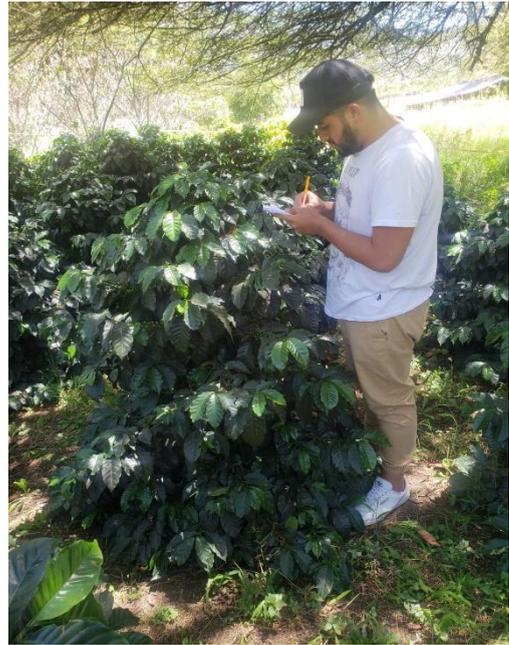
*Anexo G. Etapa de floración del café*



*Anexo H. Aplicación de los tratamientos*



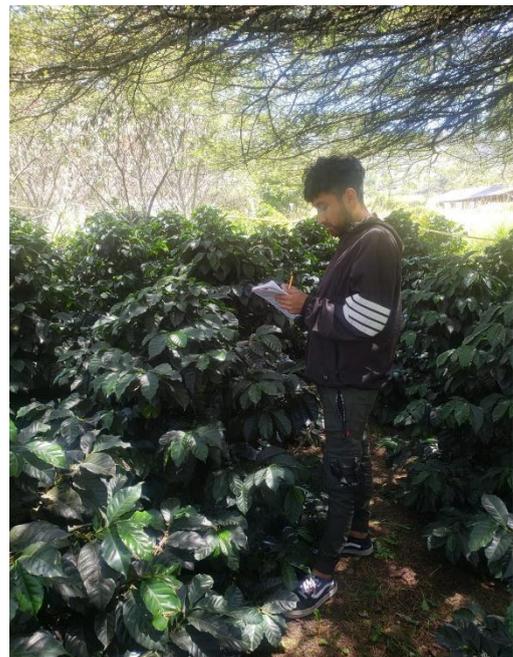
*Anexo I. Frutos a los 30 días post aplicación*



*Anexo J. Conteo de frutos a los 30 días post aplicación*



*Anexo K. Frutos a los 60 días post aplicación*



*Anexo L. Conteo de frutos a los 60 días post aplicación*



*Anexo M. Frutos a los 90 días post aplicación*



*Anexo N. Conteo de frutos a los 90 días post aplicación*



*Anexo Ñ. Recolección de frutos a los 120 días post aplicación*



*Anexo O. Pesaje de los frutos*

## Análisis foliar pre-aplicación de los tratamientos



### AGROBIOLAB

#### Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025

Finca: Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grupoclinicagricola.com E-mail: info@grupoclinicagricola.com

## FOLIAR

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación
Cliente : UNIVERSIDAD DE CUENCA / JOSE SARANGO Prop / Dir : GRANJA EL ROMERAL Cultivo : CAFE Ingreso : 23/11/2022    **Ensayo : 28/11/2022 No. Lab. : Desde : 86356    Hasta : 86360	No. Documento: <b>55747</b> Emisión: 29/11/2022 Impresión: 29/11/2022 Página: 1 de 3	IFA World Fertilizer Use Manual D = Deficiente B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso

Nombre: R1 - T1, 4 años No. Lab.: 86,356	*B ppm 43.32 S
Nombre: R1 - T3, 4 años No. Lab.: 86,357	*B ppm 36.87 S
Nombre: R1 - T5, 4 años No. Lab.: 86,358	*B ppm 30.80 S
Nombre: R1 - T7, 4 años No. Lab.: 86,359	*B ppm 23.60 D
Nombre: R2 - T1, 4 años No. Lab.: 86,360	*B ppm 31.94 S

Simbolo decimal = (.)  
 Los valores con incertidumbre (+-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)  
 <L.C. = Valor menor al Limite de Cuantificación  
 Métodos: N: Kjeldahl; B: Colorimétrico.  
 Métodos Valorados: Mg: PEE/ABL/19; P: PEE/ABL/20; K: PEE/ABL/21 Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/17; Ca: PEE/ABL/18  
 Nota: Los ensayos marcados con (\*), no tienen aun valores de Incertidumbre.  
 \*\*Fecha Inicial de Ensayo; la Fecha Final de termino de los ensayos es cuatro dias laborables a partir de la fecha inicial de ensayo.  
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

  
**Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D**  
 Director del Laboratorio

¡SU EXITO ES NUESTRO!

## AGROBIOLAB

### Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025

Gonzalo Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación
Cliente : UNIVERSIDAD DE CUENCA / JOSE SARANGO Prop / Dir : GRANJA EL ROMERAL Cultivo : CAFE Ingreso : 23/11/2022      **Ensayo : 28/11/2022 No. Lab. : Desde : 86361      Hasta : 86365	No. Documento: <b>55747</b> Emisión: 29/11/2022 Impresión: 29/11/2022 Página: 2 de 3	IFA World Fertilizer Use Manual D = Deficiente B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso

Nombre: R2 - T3, 4 años									
No. Lab.: 86,361									
								*B ppm 56.60 S	

Nombre: R2 - T5, 4 años									
No. Lab.: 86,362									
								*B ppm 49.39 S	

Nombre: R2 - T7, 4 años									
No. Lab.: 86,363									
								*B ppm 52.81 S	

Nombre: R3 - T1, 4 años									
No. Lab.: 86,364									
								*B ppm 45.60 S	

Nombre: R3 - T3, 4 años									
No. Lab.: 86,365									
								*B ppm 45.22 S	

Simbolo decimal = (.)  
 Los valores con incertidumbre (+) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)  
 <L.C. = Valor menor al Límite de Cuantificación  
 Métodos: N: Kjeldahl; B: Colorimétrico.  
 Métodos Valorados: Mg: PEE/ABL/19; P: PEE/ABL/20; K: PEE/ABL/21 Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/17; Ca: PEE/ABL/18  
 Nota: Los ensayos marcados con (\*), no tienen aun valores de incertidumbre.  
 \*\*Fecha Inicial de Ensayo; la Fecha Final de término de los ensayos es cuatro días laborables a partir de la fecha inicial de ensayo.  
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

**¡SU ÉXITO ES NUESTRO!**



## Análisis foliar post-aplicación de los tratamientos



**AGROBIOLAB**  
**Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.**  
LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025  
Calumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

**FOLIAR**

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación
Cliente : SARANGO JOSE Prop / Dir : GRANJA EL ROMERAL - U. CUENCA Cultivo : CAFE Ingreso : 19/12/2022      **Ensayo : 03/01/2023 No. Lab. : Desde : 86434      Hasta : 86438	No. Documento: <b>55814</b> Emisión: 05/01/2023 Impresión: 05/01/2023 Página: 1 de 6	<small>IFA World Fertilizer Use Manual</small> D = Deficiente B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso

Nombre: R1-T1	No. Lab.: 86,434	
		*B ppm 57.29 S

Nombre: R1-T3	No. Lab.: 86,435	
		*B ppm 49.67 S

Nombre: R1-T5	No. Lab.: 86,436	
		*B ppm 38.40 S

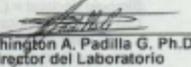
Nombre: R1-T7	No. Lab.: 86,437	
		*B ppm 40.72 S

Nombre: R2-T1	No. Lab.: 86,438	
		*B ppm 42.71 S

Simbolo decimal = (.)  
 Los valores con incertidumbre (+-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)  
 <L.C. = Valor menor al Límite de Cuantificación  
 Métodos: N: Kjeldahl; B: Colorimétrico.  
 Métodos Valorados: Mg: PEE/ABL/19; P: PEE/ABL/20; K: PEE/ABL/21 Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/17; Ca: PEE/ABL/18  
 Nota: Los ensayos marcados con (\*), no tienen sus valores de incertidumbre.  
 \*\*Fecha Inicial de Ensayo; la Fecha Final de término de los ensayos es cuatro días laborables a partir de la fecha inicial de ensayo.  
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

  
**Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D**  
 Director del Laboratorio

**¡SU EXITO ES NUESTRO!**

## AGROBIOLAB

### Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025

Gonzalo Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador  
 Página Web: www.grupoclinicagrícola.com E-mail: info@grupoclinicagrícola.com

Datos del Cliente	Referencia	Interpretación
Cliente : SARANGO JOSE Prop / Dir : GRANJA EL ROMERAL - U. CUENCA Cultivo : CAFE Ingreso : 19/12/2022      **Ensayo : 03/01/2023 No. Lab. : Desde : 86439      Hasta : 86443	No. Documento: <b>55814</b> Emisión: 05/01/2023 Impresión: 05/01/2023 Página: 2 de 6	#FA World Fertilizer Use Manual D = Deficiente B = Bajo M = Medio S = Suficiente A = Alto E = Exceso

Nombre: R2-T3 No. Lab.: 86,439									
								*B ppm 56.90 S	

Nombre: R2-T5 No. Lab.: 86,440									
								*B ppm 50.01 S	

Nombre: R2-T7 No. Lab.: 86,441									
								*B ppm 53.34 S	

Nombre: R3-T1 No. Lab.: 86,442									
								*B ppm 52.59 S	

Nombre: R3-T3 No. Lab.: 86,443									
								*B ppm 45.69 S	

Simbolo decimal = (.)  
 Los valores con incertidumbre (+-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)  
 <L.C. = Valor menor al Límite de Cuantificación  
 Métodos: N: Kjeldahl; B: Colorimétrico.  
 Métodos Valorados: Mg: PEE/ABL/19; P: PEE/ABL/20; K: PEE/ABL/21 Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/17; Ca: PEE/ABL/16  
 Nota: Los ensayos marcados con (\*), no tienen aun valores de incertidumbre.  
 \*\*Fecha Inicial de Ensayo; la Fecha Final de termino de los ensayos es cuatro días laborables a partir de la fecha inicial de ensayo.  
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

**¡SU EXITO ES NUESTRO!**

