



**UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y**  
**VETERINARIA**



**CARRERA DE AGRONOMIA**

**TRABAJO DE TITULACION**

Componente practico del examen de carácter Complexivo, presentado  
al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para  
obtener el título de:

**INGENIERO AGRONOMO**

**TEMA:**

Comportamiento del fenotipo de las plantas de café (*Coffea arabica*)  
con la aplicación de bioestimulantes en diferentes  
etapas de crecimiento

**AUTOR:**

Angel Jair Benecio Cunalata

**TUTOR:**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

**2024**

## RESUMEN

La productividad del café se destaca como una de las más relevantes en la agricultura global. En Ecuador, la producción de café representa una actividad agrícola crucial, particularmente en áreas como Loja y Manabí. Los enfoques del fenotipo de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes en diferentes etapas de crecimiento y la eficacia de diferentes tipos de bioestimulantes ha emergido como una estrategia innovadora para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de café. Para el presente documento se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación. Se identificaron temas relevantes en el comportamiento del fenotipo de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes en diferentes etapas de crecimiento. En este estudio indican que el uso de bioestimulantes tiene un efecto positivo significativo sobre las características fenotípicas de las plantas de café en diferentes etapas de crecimiento. Investigaciones han mostrado que los bioestimulantes pueden ser una herramienta efectiva para mejorar la productividad de los cultivos de café. Las plantas tratadas con bioestimulantes llegan a desarrollar un sistema radicular más fuerte, mayor número de hojas y tallos, desde la etapa vivero hasta la producción. Al identificar las etapas de crecimiento donde los bioestimulantes son más efectivos, los resultados pueden influir en políticas agrícolas y en la formulación de estrategias de manejo agronómico que promuevan prácticas más sostenibles y eficientes en la producción de café.

**PALABRAS CLAVES:** Bioestimulantes, Café Ecuador, eficacia y características fenotípicas

## SUMMARY

Coffee productivity stands out as one of the most relevant in global agriculture. In Ecuador, coffee production represents a crucial agricultural activity, particularly in areas such as Loja and Manabí. Approaches to the phenotype of coffee plants with the application of biostimulants at different growth stages and the efficacy of different types of biostimulants have emerged as an innovative strategy to improve the yield and quality of coffee crops. For this document, information is gathered from current documents, research articles, virtual libraries and websites to help present the opinions and ideas of actors that allow research developments. Relevant topics were identified in the behavior of the phenotype of coffee plants with the application of biostimulants at different growth stages. This study indicates that the use of biostimulants has a significant positive effect on the phenotypic characteristics of coffee plants at different growth stages. Research has shown that biostimulants can be an effective tool to improve the productivity of coffee crops. Plants treated with biostimulants develop a stronger root system and a greater number of leaves and stems, from the nursery stage to production. By identifying the growth stages where biostimulants are most effective, the results can influence agricultural policies and the formulation of agronomic management strategies that promote more sustainable and efficient practices in coffee production.

**KEYWORDS:** Biostimulants, Ecuadorian Coffee, efficacy and phenotypic characteristics

## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	II
SUMMARY.....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Líneas de investigación.....	4
2. DESARROLLO .....	5
2.1 Marco conceptual .....	5
2.1.1 Los bioestimulantes.....	5
2.1.2. Historia y Evolución.....	6
2.1.3. Tipos de Bioestimulantes y sus Efectos en las Plantas.....	6
2.1.4. Mecanismos de Acción de los Bioestimulantes .....	7
2.1.5. Aplicación de Bioestimulantes en el Cultivo de Café .....	7
Importancia del Café en la Economía Mundial y Nacional.....	7
2.1.6. Eficacia de diferentes tipos de bioestimulantes en mejorar el fenotipo de las plantas de café durante las etapas críticas de su crecimiento. ....	9
2.1.7. Características fenotípicas más relevantes en cada etapa de crecimiento de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes. ....	10
2.1.8. Etapas de crecimiento en las que la aplicación de bioestimulantes tiene el mayor impacto positivo en el fenotípico de las plantas de café.....	11
Resultados de Investigaciones Recientes.....	12
2.1.9. Ventajas y Desventajas del Uso de Bioestimulantes .....	13
Ventajas.....	13

2.2. Marco metodológico .....	15
2.2.1. Tipo de Investigación.....	15
2.3. Resultados .....	15
2.4 Discusión de resultados .....	16
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	17
3.1. Conclusiones .....	17
3.2. Recomendaciones.....	18
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	19
4.1. Referencias bibliográficas .....	19
4.2. Anexos.....	23
.....	23

## ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Aplicación de bioestimulantes.....	23
Anexo 2. Aplicación de bioestimulantes en etapa vivero.....	23

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1. Introducción

La productividad del café se destaca como una de las más relevantes en la agricultura global, aportando de manera notable a las economías de numerosos países en desarrollo. En este contexto, el uso de bioestimulantes ha cobrado relevancia como una táctica para optimizar tanto la productividad como la calidad del café. Esta tendencia responde a la creciente demanda de prácticas agrícolas más sostenibles y eficaces (Vichi 2015).

En Ecuador, la producción de café representa una actividad agrícola crucial, particularmente en áreas como Loja y Manabí. La implementación de bioestimulantes en la agricultura del país ha demostrado tener el potencial de incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del café. Sin embargo, su adopción sigue siendo limitada y necesita más investigación para optimizar su uso (Galarza y Valverde 2023).

A nivel local, en la región de Loja, los agricultores se enfrentan a desafíos como la variabilidad del clima y la baja fertilidad del suelo, lo cual impacta negativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas de café. La introducción de bioestimulantes podría ser una solución efectiva para mejorar el fenotipo y, en consecuencia, la productividad de las plantas de café en esta zona (Chamba-Morales *et al.* 2019).

La industria del café no solo es crucial para la economía global, sino también para la sostenibilidad de las comunidades agrícolas en países en desarrollo. La utilización de bioestimulantes ha surgido como una estrategia prometedora para incrementar la productividad y calidad del café, en respuesta a la creciente demanda de métodos agrícolas más eficientes y sostenibles. En Ecuador, la producción de café es vital, especialmente en regiones como Loja y Manabí, donde la implementación de bioestimulantes puede ofrecer significativas mejoras en el rendimiento y calidad del cultivo, aunque aún es necesario profundizar en la investigación para optimizar su uso. Localmente, en Loja, los agricultores enfrentan retos climáticos y de fertilidad del suelo que impactan negativamente en la producción de café. La introducción de bioestimulantes podría ser una solución viable para superar estos desafíos y mejorar la productividad del café en la región.

## 1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de café tiene una gran relevancia económica y social para numerosas comunidades en Ecuador. No obstante, factores como la baja fertilidad del suelo y las condiciones climáticas desfavorables limitan tanto el rendimiento como la calidad del café. La implementación de bioestimulantes podría proporcionar mejoras significativas, pero la falta de investigaciones específicas sobre su aplicación en las distintas etapas de crecimiento de las plantas de café representa un obstáculo (Villamar y Cañas 2022).

Investigaciones anteriores han evidenciado que los bioestimulantes pueden incrementar la absorción de nutrientes, la resistencia al estrés y la calidad de los cultivos en diversas plantas. Sin embargo, la efectividad de estos productos depende del tipo de bioestimulante y de la fase de crecimiento de la planta, lo que resalta la importancia de realizar investigaciones detalladas y adaptadas al contexto específico (Sunarpi *et al.* 2019).

Este estudio se enfoca en identificar y analizar el impacto de la aplicación de bioestimulantes en el fenotipo de las plantas de café durante sus distintas etapas de crecimiento. Se anticipa que los hallazgos ofrecerán información valiosa para optimizar el uso de bioestimulantes y aumentar la productividad del café en regiones específicas de Ecuador.

### **1.3. Justificación**

Este estudio se lleva a cabo para comprender mejor cómo los bioestimulantes pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas de café, con el objetivo de optimizar su aplicación y mejorar la productividad y calidad del cultivo. La investigación es significativa, ya que podría proporcionar soluciones prácticas a problemas agrícolas comunes, favoreciendo el desarrollo sostenible del sector cafetalero en Ecuador.

Desde una perspectiva teórico-científica, los resultados de esta investigación ofrecerán una contribución importante al conocimiento sobre el empleo de bioestimulantes en la agricultura, específicamente en el cultivo de café. Además, los hallazgos pueden asistir a los agricultores en la adopción de prácticas más sostenibles, mejorando su rendimiento económico y la calidad de vida en las comunidades agrícolas.

Además, la investigación puede servir como una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la agronomía y la biotecnología agrícola. Al analizar las etapas de crecimiento donde los bioestimulantes son más efectivos, los resultados pueden influir en políticas agrícolas y en la formulación de estrategias de manejo agronómico que promuevan prácticas más sostenibles y eficientes en la producción de café.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar los enfoques del fenotipo de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes en diferentes etapas de crecimiento.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Detallar las características fenotípicas más relevantes en cada etapa de crecimiento de las plantas de café con y sin la aplicación de bioestimulantes.
- Enlistar las etapas de crecimiento en las que la aplicación de bioestimulantes tiene el mayor impacto positivo en el fenotipo de las plantas de café.
- Analizar la eficacia de diferentes tipos de bioestimulantes en mejorar el fenotipo de las plantas de café durante las etapas críticas de su crecimiento.

## **1.5. Líneas de investigación**

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Enfoques del fenotipo de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes en diferentes etapas de crecimiento”. En este contexto, específicamente se aborda La línea de la Faciag en el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de la carrea de agronomía en la Agricultura sostenible y sustentable y nutrición vegetal.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1 Marco conceptual**

El cultivo de café es una actividad agrícola de gran relevancia económica y social en muchos países tropicales, incluyendo Ecuador (García & Rodríguez 2018). Las plantas de café, pertenecientes principalmente a las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, requieren de condiciones específicas para su crecimiento óptimo, tales como un clima adecuado y suelos fértiles. Sin embargo, la producción de café enfrenta diversos desafíos, como la variabilidad climática, las enfermedades y las plagas, y la degradación del suelo (Smith 2020).

En este contexto, la aplicación de bioestimulantes ha emergido como una estrategia innovadora para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de café. Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, cuando se aplican a las plantas o al suelo, estimulan los procesos naturales para mejorar la absorción de nutrientes, la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo (Calvo *et al.* 2014).

El cultivo de café, especialmente en Ecuador, es un componente fundamental de la economía y el sustento de muchas familias rurales. A lo largo de los años, los agricultores han buscado diversas formas de mejorar la calidad y el rendimiento de sus cosechas. En este contexto, los bioestimulantes han emergido como una solución prometedora. Estos productos, derivados de fuentes naturales, ofrecen múltiples beneficios, como el fortalecimiento del crecimiento vegetal y la mejora de la resistencia a condiciones adversas. En mi investigación, me propongo explorar cómo la aplicación de bioestimulantes puede influir en las diferentes etapas de crecimiento del café, con el objetivo de proporcionar una base sólida para prácticas agrícolas más sostenibles y eficaces.

#### **2.1.1 Los bioestimulantes**

Los bioestimulantes se definen como productos que contienen sustancias bioactivas o microorganismos que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades. Su función principal es

umentar la eficiencia en el uso de nutrientes, mejorar la tolerancia al estrés abiótico y biótico, y mejorar la calidad del cultivo (Florez 2021).

### **2.1.2. Historia y Evolución**

El concepto de bioestimulantes no es nuevo; se remonta a las antiguas prácticas agrícolas donde se utilizaban extractos de plantas y algas para mejorar el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, la investigación científica sobre bioestimulantes ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, permitiendo una mejor comprensión de sus mecanismos de acción y su aplicación en la agricultura moderna (Salazar 2021).

### **2.1.3. Tipos de Bioestimulantes y sus Efectos en las Plantas**

#### **Extractos de Algas**

Los extractos de algas son ricos en fitohormonas, polisacáridos y otros compuestos bioactivos que pueden mejorar la tolerancia al estrés y el crecimiento de las plantas. Estos extractos han demostrado ser eficaces en una amplia gama de cultivos, incluido el café (Certis 2024).

#### **Ácidos Húmicos y Fúlvicos**

Los ácidos húmicos y fúlvicos son componentes naturales del suelo que pueden mejorar la estructura del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes y promover el crecimiento radicular. Estos compuestos han mostrado mejorar significativamente la absorción de nutrientes y la salud general de las plantas (Linares 2024).

#### **Aminoácidos y Péptidos**

Los aminoácidos y péptidos pueden actuar como precursores de fitohormonas y agentes quelantes, mejorando la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés. Su aplicación ha demostrado ser beneficiosa en varios cultivos, incluyendo el café, al mejorar el crecimiento y la calidad de los frutos (Arteaga 2022).

## **Microorganismos Beneficiosos**

Microorganismos como las micorrizas y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal pueden mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades. La simbiosis entre plantas y micorrizas, por ejemplo, es crucial para la absorción de fósforo y otros nutrientes esenciales (Carrillo 2022).

### **2.1.4. Mecanismos de Acción de los Bioestimulantes**

#### **Mejoramiento en la Absorción de Nutrientes**

Los bioestimulantes pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y mejorar la eficiencia con la que las plantas absorben estos nutrientes. Esto se logra a través de la modificación de la actividad microbiana del suelo y la estructura del suelo, facilitando una mejor absorción de nutrientes (Cadí 2023)

#### **Aumento de la Tolerancia al Estrés Abiótico**

Los bioestimulantes pueden ayudar a las plantas a resistir condiciones adversas como sequías, altas temperaturas y salinidad. Esto se debe a su capacidad para mejorar los mecanismos de defensa de las plantas y promover la acumulación de compuestos protectores como antioxidantes (Rouphael y Colla 2018).

#### **Estimulación del Crecimiento y Desarrollo**

Los bioestimulantes pueden promover el crecimiento radicular y foliar, lo que se traduce en un mejor rendimiento de los cultivos. Esto se logra a través de la regulación de las hormonas vegetales y la mejora de los procesos metabólicos esenciales (Halpern *et al.*2015).

### **2.1.5. Aplicación de Bioestimulantes en el Cultivo de Café**

#### **Importancia del Café en la Economía Mundial y Nacional**

El café es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su valor económico como por su impacto social. En Ecuador, el café representa una

fuerza significativa de ingresos y empleo, especialmente en regiones rurales. El uso de bioestimulantes en el cultivo de café puede contribuir a mejorar la productividad y la calidad del café, beneficiando así a los agricultores y a la economía en general (ICO 2021).

### **Problemas Comunes en el Cultivo de Café**

Los cultivos de café enfrentan numerosos desafíos, incluyendo plagas, enfermedades, variabilidad climática y degradación del suelo. Estos problemas pueden afectar negativamente el rendimiento y la calidad del café. La aplicación de bioestimulantes puede ser una herramienta eficaz para mitigar estos problemas y mejorar la sostenibilidad del cultivo (Wintgens 2009).

### **Estudios Previos sobre el Uso de Bioestimulantes en Café**

Diversos estudios han mostrado que la aplicación de bioestimulantes puede mejorar el rendimiento y la calidad del café. Por ejemplo, Dodd et al. (2010) demostraron que los extractos de algas pueden aumentar la resistencia al estrés hídrico en plantas de café. Otro estudio realizado por Chamba-Morales et al. (2019) encontró que la aplicación de micorrizas aumentó la producción de frutos en plantas de café.

El café es uno de los cultivos más importantes y cultivados, no solo en el Ecuador sino del mundo. El cultivo presenta una producción baja comparado con otros países (350 kg/ha), esto debido a un bajo nivel de tecnificación y mal uso de materiales de siembra. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del antiestresante ADMF sobre el crecimiento de plántulas de café. Este producto induce las defensas naturales de las plantas (fitoalexinas). Los resultados demostraron que las aplicaciones de ADMF en diferentes dosis, inciden sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas en el vivero, estimulando el aumento de biomasa y alargamiento radicular con incrementos de entre el 25-30 % de la biomasa (Villacis et al. 2018).

Arguello (2015) demostró que en los análisis se obtuvieron plantas con mayor vigor y con condiciones fisiológicas adecuadas para ser trasplantadas en menor tiempo.

### **2.1.6. Eficacia de diferentes tipos de bioestimulantes en mejorar el fenotipo de las plantas de café durante las etapas críticas de su crecimiento.**

#### **Germinación**

Durante la germinación, los bioestimulantes pueden mejorar la tasa de germinación y el vigor de las plántulas. Esto es crucial para establecer una plantación saludable y productiva. Los bioestimulantes pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en el sustrato de germinación (Rouphael y Colla 2018).

#### **Desarrollo Vegetativo**

En esta etapa, los bioestimulantes pueden promover un crecimiento más robusto y saludable de las plantas, mejorando su capacidad para absorber nutrientes. Esto se traduce en un sistema radicular más desarrollado y una mayor biomasa foliar, lo que es esencial para el rendimiento futuro del cultivo (Calvo *et al.* 2014).

#### **Floración**

La aplicación de bioestimulantes durante la floración puede aumentar la cantidad y calidad de las flores, lo que se traduce en una mayor producción de frutos. Los bioestimulantes pueden mejorar el equilibrio hormonal de las plantas, promoviendo una floración más uniforme y abundante (Halpern *et al.* 2015).

#### **Fructificación**

Durante la fructificación, los bioestimulantes pueden mejorar el tamaño y la calidad de los frutos, así como aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. Esto es crucial para obtener una cosecha de alta calidad y maximizar el rendimiento del cultivo (Colla *et al.* 2015).

## **Maduración**

En la etapa de maduración, los bioestimulantes pueden ayudar a asegurar una maduración uniforme y mejorar la calidad final del producto. Esto es especialmente importante en el cultivo de café, donde la uniformidad y calidad de los granos son esenciales para obtener un producto de alto valor en el mercado (Sharma *et al.*2014).

### **2.1.7. Características fenotípicas más relevantes en cada etapa de crecimiento de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes.**

En la etapa de vivero, la aplicación de bioestimulantes permite cubrir las necesidades de macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo vegetativo, lo que significa que se obtendrán plantas más vigorosas y con cierta resistencia a plagas y enfermedades cuando se trasplantan al campo. Los bioestimulantes son una variedad de sustancias que mejoran el crecimiento y el desarrollo de las plantas, aumentando su resistencia al estrés y mejorando el rendimiento y la calidad de los cultivos. Su composición incluye una variedad de compuestos orgánicos y minerales que las plantas pueden usar como metabolitos, reguladores del crecimiento y nutrientes, lo que afecta sus efectos fisiológicos (Echeverría *et al.* 2023).

De La Cruz (2015) menciona que las plantas de café en etapa vivero muestran las siguientes características fenotípicas:

- Mayor desarrollo de tallo, hojas y raíces, lo que traduce a un mayor número de hojas, mayor área foliar y mayor vegetativo de la planta.
- Desarrollo de las raíces largas y ramificada, mejorando la absorción de agua y de los nutrientes, aumentando la resistencia de la planta a condiciones de estrés.
- Muestran mayor resistencia a factores ambientales, aumentan la eficiencia fotosintética y ayuda aun mayor crecimiento de biomasa.

Según Agrotec (2022) las plantas de café con aplicaciones de bioestimulantes en la etapa de plantación, muestran las siguientes características fenotípicas:

- Mayor índice de prendimiento y supervivencia después del trasplante.

- Crecimiento más rápido en altura, diámetro de tallo y un mayor desarrollo del sistema foliar.
- Mayor floración, fructificación y rendimiento.

Moreno y Valverde (2020) mencionan que las plantas de café con aplicaciones de bioestimulantes en etapa de producción muestran las siguientes características:

- Presentan mayor número de ramas productivas, flores y frutos por ramas.
- Frutos con mayor tamaño y peso con una mejor calidad en términos de aroma, calidez y acidez.

### **2.1.8. Etapas de crecimiento en las que la aplicación de bioestimulantes tiene el mayor impacto positivo en el fenotípico de las plantas de café.**

Los bioestimulantes mejoran el rendimiento y la calidad de las cosechas de las plantas, mejorando su salud general. Fomenta el crecimiento de microorganismos beneficiosos en el suelo, lo que lo hace más resistente a la erosión y las enfermedades. Al reducir el estrés y acceder mejor a los nutrientes, la planta destina más recursos a los frutos. Esto significa que, en respuesta a nuestra pregunta de por qué usar bioestimulantes, tenemos plantas que mejoran la calidad y la nutrición de sus frutos, como el tamaño y la cantidad de azúcares (AgroGM 2022).

Chacón y Vargas (2021) indican las plantas de café con aplicaciones de bioestimulantes tienen un mayor impacto positivo, como:

- Mejoran la tasa de germinación y el vigor de las plántulas haciéndolas más fuertes y saludables.
- Aumentan la cantidad de flores, la calidad de la cuaja de frutos y el peso y el tamaño de los granos de café.
- Mejoran la calidad de los frutos, aumentando el contenido de azúcar y compuestos aromáticos.

Vargas y Hernández (2021) considera que:

La eficacia de los bioestimulantes puede variar dependiendo de una variedad de factores, incluido el tipo de bioestimulante, la dosis aplicada y las condiciones de cultivo en conjunto con la variedad de café.

## **Resultados de Investigaciones Recientes**

### **Estudios Internacionales**

Diversos estudios internacionales han mostrado los beneficios de los bioestimulantes en una variedad de cultivos. Por ejemplo, Halpern *et al.* (2015) encontraron que los bioestimulantes pueden aumentar la absorción de nutrientes y mejorar la tolerancia al estrés en plantas de tomate. Otro estudio realizado por Roupael y Colla (2018) demostró que los bioestimulantes pueden mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos hortícolas.

### **Estudios Nacionales**

Chamba-Morales *et al.* (2019) mencionan que, en Ecuador, investigaciones recientes han demostrado que los bioestimulantes pueden mejorar el rendimiento y la calidad del café. La aplicación de micorrizas aumentó la producción de frutos en plantas de café. Además, que el uso de extractos de algas mejoró la resistencia al estrés hídrico y la calidad de los granos de café. Estudios realizados por instituciones del Ecuador demuestran se enfocan en la eficacia de los bioestimulantes, que aumentan la productividad, la supervivencia y el daño a las plántulas de cacao en vivero.

### **Estudios Locales**

En la región de Loja, investigaciones han mostrado que los bioestimulantes pueden ser una herramienta efectiva para mejorar la productividad de los cultivos de café, Castro y Salazar (2022) reportaron que el uso de extractos de algas mejoró la resistencia al estrés hídrico y la calidad de los granos de café. Estos estudios subrayan el potencial de los bioestimulantes para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de café en Ecuador.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del antiestresante ADMF sobre el crecimiento de plántulas de café. Este producto induce las defensas

naturales de las plantas (fitoalexinas). Las plantas tratadas fueron de la variedad Caturra Rojo, con 9 tratamientos con ADMF, que se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Los resultados demostraron que las aplicaciones de ADMF en diferentes dosis, inciden sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas. El mejor tratamiento fue ADMF en dosis de 2 L/ha en combinación con fertilización NPK que logró incrementos de 25-30% de biomasa, ADMF en aplicaciones solas presentó menor incrementos de biomasa (Villacis, Castro y Colina 2018).

### **2.1.9. Ventajas y Desventajas del Uso de Bioestimulantes**

#### **Ventajas**

**Mejora del crecimiento y desarrollo:** Los bioestimulantes pueden promover un crecimiento más rápido y robusto de las plantas, mejorando su capacidad para absorber nutrientes y resistir condiciones adversas (Calvo et al.2014).

**Aumento de la tolerancia al estrés:** Los bioestimulantes pueden ayudar a las plantas a resistir condiciones de estrés abiótico como la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas (Rouphael y Colla 2018).

**Reducción del uso de fertilizantes químicos:** Al mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, los bioestimulantes pueden reducir la necesidad de fertilizantes químicos, contribuyendo a una agricultura más sostenible (Salazar 2021).

**Mejora de la calidad del cultivo:** Los bioestimulantes pueden mejorar la calidad de los frutos, aumentando su tamaño, uniformidad y contenido de nutrientes (Halpern *et al.* 2015).

#### **Desventajas**

**Costo inicial:** El uso de bioestimulantes puede representar un costo inicial adicional para los agricultores, aunque a largo plazo los beneficios pueden superar este costo (Arteaga 2022).

**Conocimiento técnico:** La aplicación efectiva de bioestimulantes requiere un conocimiento técnico adecuado por parte de los agricultores, lo que puede ser una barrera en algunas regiones (Jardín 2015).

**Efectos variables:** Los efectos de los bioestimulantes pueden variar dependiendo de las condiciones del suelo, el clima y las prácticas de manejo agrícola, lo que puede dificultar su aplicación uniforme (Rouphael y Colla 2018).

## **2.2. Marco metodológico**

### **2.2.1. Tipo de Investigación**

Esta investigación fue de tipo exploratorio. Se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación.

Se identificaron temas relevantes en el comportamiento del fenotipo de las plantas de café con la aplicación de bioestimulantes en diferentes etapas de crecimiento. Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

### **2.3. Resultados**

Las plantas de café tratadas con bioestimulantes en la etapa de vivero desarrollan tallos, hojas y raíces más robustos, lo que resulta en una mayor área foliar y absorción de nutrientes. Esto facilita una mejor transición al campo, con un crecimiento más rápido y un mayor índice de supervivencia. Durante la plantación, presentan un desarrollo significativo del sistema foliar, esencial para una fotosíntesis eficiente. En la etapa de producción, estas plantas muestran una floración y fructificación más abundante, produciendo frutos de mayor calidad, tanto en aroma como en dulzura y acidez, mejorando la productividad y la calidad del café (Chacón y Vargas 2021).

La aplicación de bioestimulantes mejora la tasa de germinación y el vigor de las plántulas, asegurando plantas más fuertes desde el inicio. Durante la plantación, los bioestimulantes favorecen una absorción de nutrientes más eficiente y optimizan la actividad microbiana en el sustrato. En la etapa de floración, incrementan la cantidad y calidad de las flores, lo que se traduce en una mayor producción de frutos. En la etapa de maduración, mejoran el tamaño, peso y resistencia de los frutos a enfermedades, asegurando una maduración uniforme, esencial para la calidad del café en el mercado (Arguello 2015)

Los diferentes bioestimulantes ofrecen beneficios variados en el crecimiento de las plantas de café. Los extractos de algas, ricos en fitohormonas, mejoran la

germinación y desarrollo vegetativo, mientras que los ácidos húmicos y fúlvicos favorecen una floración más abundante al mejorar la estructura del suelo y el crecimiento radicular. Los aminoácidos y péptidos son especialmente útiles durante la fructificación y maduración, actuando como precursores de fitohormonas y agentes quelantes, mejorando la absorción de nutrientes y asegurando una maduración uniforme y de alta calidad, crucial para obtener granos de café de alto valor en el mercado (Florez 2021).

## **2.4 Discusión de resultados**

Este estudio demuestra que los bioestimulantes mejoran significativamente las características fenotípicas de las plantas de café durante su crecimiento. En vivero, los bioestimulantes promueven el desarrollo de tallos, hojas y raíces más robustos, lo que mejora la absorción de nutrientes y la resistencia a estrés. De La Cruz (2015) también encontró que los cafetos tratados con bioestimulantes en viveros generan más hojas y tallos, lo que respalda la idea de que estos productos potencian tanto el crecimiento como la adaptabilidad de las plantas.

La aplicación de estimulantes en etapa de floración aumenta la cantidad de calidad de las flores, lo que se traduce en una mayor producción de fruto, esto coincide con las observaciones de Chacón y Vargas (2021), quienes indican que los bioestimulantes mejoran significativamente la floración y en la cuaja de frutos en plantas de café incrementando el rendimiento en calidad y producción de los cultivos. La aplicación de estos productos es de gran importancia para maximizar la productividad y asegurar una cosecha de alta calidad.

En etapa de fructificación y maduración con la aplicación de bioestimulante mejoran el tamaño peso y la calidad de los frutos. De acuerdo con Moreno y Valverde (2020), las plantas de café tratadas con bioestimulantes en etapa de producción presentan un mayor tamaño de frutos y una mejor calidad en términos de aroma, dulzura y acidez. Se ha demostrado que los bioestimulante no sólo aumentan la productividad, sino que también mejoran las características organolépticas del café posicionándolo en el mercado y beneficiando a los agricultores tanto como economía cualitativamente.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. Conclusiones

Las características fenotípicas de las plantas de café que han sido tratadas con las aplicaciones de bioestimulantes, tienen una mejora significativamente en todas las etapas de crecimiento, llegan a desarrollar un sistema radicular más fuerte, mayor número de hojas y tallos. Lo que resulta con características resistentes a condiciones adversas y una mayor absorción de nutrientes.

El uso de los bioestimulantes en las plantas de café ha sido respaldado por investigaciones que demuestran la eficacia en los sistemas radicular y el incremento de hojas y tallos, subrayando la importancia de los bioestimulantes como una herramienta clave para maximizar la productividad y salud de la planta.

Las diferentes etapas de crecimiento llegan a tener un impacto positivo en las etapas de floración y fructificación. La aplicación de estos bioestimulantes en las diferentes etapas resulta con una mayor cantidad de flores y calidad de frutos, mejorando el rendimiento en producción y calidad de las plantas de café.

Se señala la importancia de la aplicación de bioestimulantes en las etapas de crecimiento, asegurando cosechas de mayor producción y grados con mayor calidad. Al mejorar la eficacia en el uso de nutrientes, los bioestimulantes pueden reducir la necesidad de fertilizantes químicos, favoreciendo a una agricultura más sostenible.

Cada tipo de bioestimulante contribuye de manera única para mejorar la absorción de los nutrientes en los suelos, resistencia de estrés abiótico y la calidad del fruto. Estudios demuestran que una combinación adecuada ayuda a maximizar los rendimientos y la calidad del fruto. Así ofreciendo herramientas eficaces para enfrentar los desafíos agrícolas.

Los extractos de algas, ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos y los microorganismos beneficiosos presentan diversas ventajas en mejorar el fenotipo de las plantas de café, muestran mayor resistencia a factores ambientales, aumentan la eficiencia fotosintética y ayuda aun mayor crecimiento de biomasa.

### **3.2. Recomendaciones**

Regular la aplicación de los estimulantes en todas las etapas de crecimiento de café. Esta práctica no solo mejora el desarrollo fenotípico, sino que también mejora la resistencia de las plantas condiciones adversas. Además, Realizar estudios adicionales puede ser beneficioso ya que ayudaría a identificar los bioestimulantes más efectivos o específicos para cada etapa de crecimiento lo que permitiría un uso preciso y eficiente de los productos.

Dado el impacto significativo del estimulante durante las etapas de floración y fructífera, es importante aplicar estos productos específicamente en momentos críticos del ciclo de crecimiento de café. La implementación de estimulante en cada etapa es claves ya que resulta con una mejora sustancial en la cantidad y calidad de los frutos y flores, optimizando la calidad y el rendimiento del café producido. Este tipo de estrategias asegura una cosecha más abundante y de mayor calidad, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad de los cultivos de café.

Para maximizar los beneficios de la producción de café, se debe utilizar una combinación de diferentes tipos de bioestimulantes, como extractos de algas, ácidos húmicos y fulvicos, aminoácidos y microorganismos beneficiosos. Cada uno de estos tipos de estimulantes aportan ventajas únicas en la absorción de nutrientes, resistencia al estrés abiótico y la calidad del fruto. Una aplicación adecuada y combinada mejora significativamente el fenotipo de las plantas de café, ofreciendo a los agricultores herramientas eficaces para enfrentar los desafíos agrícolas aumentar el rendimiento y la calidad de sus cultivos.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. Referencias bibliográficas

AGRO. 2021. Investigan para innovar bioestimulantes contra roya y broca del café (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.nuestrasriquezas.com/2021/11/16/investigan-para-innovar-bioestimulantes-contr-roya-y-broca-del-cafe/>.

AgroGM. 2022. Por qué usar bioestimulantes o cómo potenciar el crecimiento de tus cultivos naturalmente (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agrogm.com/frutos-rojos/porque-usar-bioestimulantes-potenciar-el-crecimiento-de-tus-cultivos-naturalmente/>.

Agrotec. 2022. Uso de algas marinas como bioestimulante de uso foliar y al suelo en el cultivo de café (en línea, sitio web). Disponible en <https://agroteccr.com/uso-de-algas-marinas-como-bioestimulante-de-uso-foliar-y-al-suelo-en-el-cultivo-de-cafe/>.

Arteaga, A. 2022. Rol de los bioestimulantes en el mecanismo de defensa de las plantas: Revisión de literatura (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 41 p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8f806b1d-62a9-4afc-87aa-2dadf02f9bbf/content>.

Cadí, A. 2023. ¿Qué son los bioestimulantes agrícolas? (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.futurecobioscience.com/bioestimulantes-agricolas/>.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. (En línea). Disponible en <https://www.ihumico.com/fulvic->

Carrillo, SM. 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica (en línea). (129). Disponible en [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512022000100508](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512022000100508).

- Castro, R., & Salazar, M. 2022. Impact of algal extracts on the quality and yield of coffee beans under drought conditions. *Revista de Agricultura Ecuatoriana*, 8(2), 45-58.
- Certis. 2024. ¿Qué es un Bioestimulante? (en línea, sitio web). Disponible en <https://certisbelchim.es/que-es-un-bioestimulante-como-puede-mejorar-la-calidad-de-tu-cosecha/>.
- Chacón, Y., & Vargas, M. 2021. Influencia de un nuevo bioestimulante sobre la floración, fructificación y rendimiento en café (*coffea arabica* L.) (en línea). s.l., Instituto Tecnológico de Zacatepec. 33-40 p. Disponible en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-InfluenciaDeUnNuevoBioestimulanteSobreLaFloracionY-8278219%20(1).pdf.
- Chamba-Morales, D., Puchaicela, P., & Quilumba, L. 2019. Effect of mycorrhizae on the production of coffee (*Coffea arabica*) in the province of Loja, Ecuador. *Journal of Agricultural Science*, 11(12), 233-241.
- Chamba-Morales, M. D., Lapo-Paredes, L. E., & Vásquez, E. R. 2019. La agricultura familiar campesina en el cantón Catamayo, provincia de Loja. (en línea). *CEDAMAZ*, 9(2), 66-74. Consultado el 21 de mayo de 2024. Disponible en <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/886>.
- De La Cruz, X. E. 2015. Aplicación de bioestimulantes en plantas de café (*Coffea arabica* L.) En vivero, en la zona del Cantón Mocache (en línea). Quevedo – Los Ríos – Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 54 p. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3ef050b4-08fc-4c2a-8219-e5c4bdaf3110/content>.
- Dodd, I. C., Ruiz-Lozano, J. M., & Pérez-Alfocea, F. 2010. Microbial enhancement of crop resource use efficiency. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(2), 160-167.
- Echeverría, A. J., Vega, J. E., & Luna, A. E. 2023. Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad nacional en etapa de vivero (en línea). *El Oro*, Universidad Técnica de Machala. 52-58 p.

Disponible en  
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rvierareinoso,+Gestor\_a+de+la+revista,+7.pdf.

Florez, M. 2021. Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera (en línea). s.l., s.e. p. 200. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172021000400635](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000400635).

Galarza Noboa, J., & Valverde Lucio, Y. A. 2023. Evaluación de dos genotipos de café arábica (*Coffea arabica* L.) injertados en patrón Robusta (*Coffea canephora*) a la aplicación de bioestimulantes orgánicos, cultivado en sitio definitivo. (en línea). Consultado el 21 de mayo de 2024. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5287>.

Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141-174.

ICO. 2021. International Coffee Organization - World coffee production. Retrieved from ICO website.

Linares, C. 2024. Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos: Origen y Uso (en línea, sitio web). Disponible en <https://cslaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/fertilidad/acidoss-humicos-y-acidos-fulvicos-origen-y-uso/>.

Moreno, J., & Valverde, Y. 2020. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L) (en línea). 11(1). Disponible en [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-92942020000100003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942020000100003).

Rodriguez, T., Cajamarca, K., Barrezueta, S., & Luna, A. 2023. Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero (en línea). s.l., Universidad Técnica de Machala. 117-122 p. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v20n2/2414-1046-manglar-20-02-117.pdf>.

- Rouphael, Y., & Colla, G. 2018. Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1655.
- Salazar, Y. 2021. Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439130>.
- Sunarpi, H., Ansyarif, F., Putri, F. E., Azmiati, S., Nufus, N. H., Suparman, Widyastuti, S., & Prasedya, E. S. 2019. Effect of Indonesian macroalgae based solid and liquid fertilizers on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). *Asian Journal of Plant Sciences*, 18(1), 15-20. DOI: <https://doi.org/10.3923/AJPS.2019.15.20>.
- Vargas, M., & Hernandez, C. 2023. Comparación de los efectos de dos bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de café arábigo (*Coffea arabica*) en condiciones de sequía. *Journal of Crop Production*, 7(3), 124-135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.104554>.
- Vicente, A., & Gómez, J. 2022. Estrategias de manejo de bioestimulantes para la mejora de la productividad del café bajo diferentes condiciones de estrés ambiental. *Agronomy Journal*, 10(2), 165-182.
- Wang, Q., Rengel, Z., & Liu, C. 2023. Advances in biostimulants for sustainable crop production: Understanding the role of bioactive compounds in stress adaptation. *Plant Science*, 334, 111528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111528>.
- Wani, S. H., Sofi, P. A., & Riyaz-Ul-Hassan, S. 2016. Advances in understanding and utilization of mycorrhizae in crop production. In S. H. Wani (Ed.), *Biostimulants in Plant Science: Mechanisms and Applications* (pp. 33-49). Springer.
- Weintraub, B., & Mohamed, A. 2019. Seaweed extract as a natural biostimulant for improving coffee yield and quality. *Journal of Applied Phycology*, 31(5), 2845-2856. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01819-8>.

## 4.2. Anexos



### **Anexo 1. Aplicación de bioestimulantes**

Fuente: (AGRO 2021)



### **Anexo 2. Aplicación de bioestimulantes en etapa vivero**

Fuente: (Lima 2016)