



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arabica*)

AUTORA:

Odalís Mabel Fajardo Morán

TUTOR:

Ing. Agr. Carlos Alejandro Barros Veas, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

El café (*Coffea Arábica*) es un cultivo que requiere de un manejo adecuado para que incrementar su rendimiento y calidad. Por lo tanto, es esencial que los productores tengan conocimiento de las funciones de la aplicación de brasinoesteroides, para el óptimo crecimiento de los cultivos de café. A pesar de las excelentes ventajas que posee la aplicación de reguladores de crecimiento en los cultivos, aún existe desconocimiento de los beneficios que brindan los Brasinoesteroides en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. Motivo por el cual el objetivo del presente caso de estudio es caracterizar la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arábica*). La metodología empleada en la investigación posee un diseño no experimental, los tipos de investigación utilizados fueron descriptiva y bibliográfica porque se busca describir el fenómeno y analizarlo accediendo a diversas fuentes de información; mientras que el método fue el inductivo. Por medio del análisis de la información recogida a través de las diversas fuentes bibliográficas se obtuvo los siguientes resultados: Uno de los primeros hallazgos identificados es que el cultivo de café es de gran importancia puesto que genera innumerables beneficios tanto para los agricultores y consumidores; sin embargo, existen factores que alteran su producción y calidad. Por lo tanto, es necesario hacer uso de alternativas que ayuden a mejorar su rendimiento y calidad. El uso de los brasinoesteroides en los cultivos es indispensable puesto que una de sus funciones principales es estimular el crecimiento fisiológico y desarrollo de las plantas.

Palabras claves: brasinoestroides, Coffea Arábica, crecimiento fisiológico, estimuladores, reguladores fisiológicos.

ABSTRACT

Coffee (*Coffea Arabica*) is a crop that requires proper management to increase its yield and quality. Therefore, it is essential that producers have knowledge of the functions of the application of brassinosteroids, for the optimal growth of coffee crops. Despite the excellent advantages of the application of growth regulators in crops, there is still a lack of knowledge of the benefits provided by Brassinosteroids in the processes of growth and development of plants. For this reason, the objective of this case study is to characterize the function of brassinosteroids in the physiological growth of the coffee crop (*Coffea Arábica*). The methodology used in the research has a non-experimental design, the types of research used were descriptive and bibliographic because it seeks to describe the phenomenon and analyze it by accessing various sources of information; while the method was inductive. Through the analysis of the information collected through the various bibliographic sources, the following results were obtained: One of the first findings identified is that the cultivation of coffee is of great importance since it generates innumerable benefits for both farmers and consumers; however, there are factors that alter its production and quality. Therefore, it is necessary to make use of alternatives that help improve its performance and quality. The use of brassinosteroids in crops is essential since one of its main functions is to stimulate the physiological growth and development of plants.

Keywords: brassinosteroids, *Coffea Arabica*, physiological growth, stimulators, physiological regulators.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| RESUMEN | II |
| ABSTRACT | III |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 2 |
| MARCO METODOLÓGICO | 2 |
| 1.3. Justificación | 3 |
| 1.4. Objetivos | 4 |
| 1.5. Fundamentación Teórica | 5 |
| 1.5. Hipótesis | 17 |
| 1.6. Metodología de investigación | 17 |
| CAPITULO II | 19 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 19 |
| 2.2. Situaciones detectadas | 19 |
| 2.3. Soluciones planteadas | 21 |
| 2.4. Conclusiones | 22 |
| 2.5. Recomendaciones | 23 |

INTRODUCCIÓN

Los brasinoesteroides son una clase de hormonas vegetales indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La aplicación de este tipo de hormonas en la agricultura produce efectos fisiológicos positivos tales como: incremento en la tasa de elongación del tallo y en la expansión de hojas, crecimiento del tubo polínico, adaptación al estrés, entre otros. Motivo por el cual, en el campo de la agricultura se ha constituido en una gran alternativa para aumentar el rendimiento y producción de las plantas. El uso de brasinoesteroides además de promover el crecimiento de las plantas, germinación, fijación de nitrógeno, senescencia, abscisión y tolerancia al estrés; también ayuda a que los productos químicos sean menos indispensables, lo cual resulta de gran valor (Hernández y García 2017).

El café es uno de los cultivos que requiere de un manejo adecuado para que pueda incrementar su rendimiento y calidad; motivo por el cual, es indispensable que los productores tengan conocimiento de las funciones de la aplicación de este tipo de compuestos como son los brasinoesteroides, para el óptimo crecimiento de los cultivos de café y su intervención en el proceso de maduración del fruto. Además, de los grandes efectos ecológicos y económicos potenciales sobre los campos de cultivo; en virtud de que a su origen natural y a las bajas concentraciones aplicadas tienen una gran importancia ecológica.(Salgado et al. 2018). Es importante mencionar que según datos de Soto (2022), en Ecuador se cultiva 195.000 hectáreas de café, siendo las provincias de: Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Sucumbíos y Orellana, las mayores productoras del mismo.

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo analizar la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arabica*) debido a que es una gran alternativa para aumentar el rendimiento y producción de las plantas. La metodología empleada posee un diseño no experimental, el método es inductivo, porque está alineado a la investigación cualitativa. Los tipos de investigación son descriptiva y bibliográfica. Las técnicas

empleadas son análisis de contenido y síntesis la cual ayudará a efectuar juicios de valor de fenómeno abordado.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente caso de estudio trata sobre la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arábica*).

La investigación es realizada con el fin de adquirir información relevante que ayude comprender la importancia y los beneficios que poseen los brasinoesteroides y su aplicación en la agricultura en especial en el cultivo de café ya que este tipo de compuestos representan una alternativa viable principalmente para estimular el crecimiento y desarrollo vegetativo e incrementar el rendimiento y calidad de las cosechas. En la actualidad es fundamental que se conozcan y realicen prácticas agrícolas adecuadas que contribuyan a mejorar calidad de los cultivos y sean amigables con el ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de café en el país constituye una de las actividades con destacada importancia económica, social y ambiental. A pesar de las privilegiadas aptitudes agroecológicas y diversidad de suelos para su producción, existen factores que impiden que los cultivos tengan un rendimiento y crecimiento adecuado. Entre los principales problemas de caficultura que se evidencian en el país, se encuentran: la baja productividad de sus plantaciones, deficiente calidad del grano, falta del beneficio del grano por la vía húmeda, entre otros. Por lo tanto, se deben buscar nuevas aplicaciones en la agricultura que contribuyan al crecimiento fisiológico de los cultivos de café.

Una de los factores por los cuales se originan los problemas en los cultivos de café son las deficientes prácticas agrícolas y endeble conocimiento que poseen los agricultores sobre cómo mejorar los procesos de producción del café, incrementar su

rendimiento, calidad, pero sobre todo disminuir el uso de contaminantes químicos que puedan afectar el suelo y los cultivos. Razón por la cual, es fundamental determinar nuevos métodos que sean altamente promisorios y apropiados para su uso en la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola, como el empleo de los brasinoesteroides que son considerados compuestos naturales que garantizan un óptimo desarrollo de las plantas y cuidado del ambiente.

El café es uno de los cultivos que a lo largo de los años ha incrementado su importancia económica y por lo tanto demanda de nuevas alternativas de producción que sean eficientes y ayuden a incrementar la producción. La aplicación de compuestos a base de Brasinoesteroides ha demostrado que ayudan a que los cultivos tengan una adecuada adaptación y resistencia. A pesar de las excelentes ventajas que posee la aplicación de reguladores de crecimiento en los cultivos, aún los pequeños y medianos agricultores desconocen de los beneficios que brindan los Brasinoesteroides en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta es una de las razones por las cuales su producción no es tan óptima. Los brasinoesteroides es un tipo de hormona muy poca conocida que se debe probar para conocer sus efectos en crecimiento y rendimiento de los cultivos.

1.3. Justificación

La aplicación de reguladores de crecimiento vegetal como los brasinoesteroides en la agricultura es muy importante porque poseen un papel clave en el desarrollo de todo tipo de cultivos. Según Agromatica (2017:2) “en la actualidad son pocos los productores que tienen conocimientos suficientes sobre las funciones que poseen los brasinoesteroides y cómo utilizarlos convenientemente de manera que logre el aumento productivo de la planta y una mayor división y alargamiento celular”. Esta es la razón por la que es relevante analizar la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café, para así proporcionar información que contribuya a mejorar las prácticas agrícolas.

A criterio de Sánchez (2020) el empleo de los brasinoesteroides ha ganado gran aceptación en la agricultura debido a sus propiedades anti estrés frente a estímulos negativos que pueden afectar los cultivos tales como sequía, frío, viento, salinidad entre otros y porque ayudan a incrementar el tamaño de los frutos. En base a lo citado se manifiesta que el presente estudio es significativo en virtud de que ayudará a conocer cómo sacar el máximo potencial a los cultivos con la aplicación de los brasinoesteroides y así estar a la vanguardia con las tendencias actuales que se encuentran orientadas a buscar formas sostenibles y ecológicas de intensificación de la producción.

El desarrollo de la investigación es factible porque se cuentan con los recursos necesarios como el acceso a fuentes bibliográficas que permitirán obtener información para argumentar sobre la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico de las plantas en el cultivo de café. Los beneficiarios son los agricultores de café, en virtud de que se analiza un tema de gran relevancia en las labores agrícola, donde se proporciona información importante con respecto a de qué manera se puede incrementar el rendimiento y producción de los cultivos de café, así como ejecutar prácticas agrícolas amigables con el ambiente.

1.4. Objetivos

General

Caracterizar la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arábica*).

Específicos

- Identificar los efectos fisiológicos de los brasinoesteroides cultivo de café.
- Describir los beneficios de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café.

1.5 Fundamentación Teórica

Generalidades del café (*Coffea Arábica*)

El café es considerado un árbol del género *Coffea* perteneciente a la familia rubiácea, este solo crece en determinadas condiciones agroecológicas, donde el clima sea algo fresco y no muy húmedo; además, se encuentra en zonas tropicales de América, África y Asia. La planta de café se caracteriza por tener hojas persistentes, opuestas con flores blancas y perfumadas; su floración es al inicio de la temporada de lluvias. Los frutos son bayas rojas o púrpuras, brillantes y carnosas. Su tallo es recto y liso, mientras que su follaje es brillante. (Mesa et al. 2017)

La planta de café tiene la capacidad de combinar sus flores, frutos verdes y maduros al mismo tiempo en sus ramas. Esta planta necesita un clima tropical cálido con abundante agua para crecer adecuadamente. Puesto que en zonas con temperaturas inferiores a los 15 °C y a más de 29° C no florece. La planta de café, la clase Arábica crece más de 2000 metros de altitud. Suelen dar sus primeros frutos después de dos años.(Lino 2021)

El cafeto suele crecer 10 metros siempre y cuando no sea podado. En algunos países, se podan para no subir más de 2.5m de estatura. Generalmente los productores mantienen las plantas con estatura razonable con el fin de facilitar la cosecha, debido a que los arbustos bien gestionados podrán tener una vida productiva de 20 años o más, lo cual es beneficioso para el productor cafetero porque no tienen que invertir en una nueva producción, solo en mantener el sembrío actual.(Yara Internacional 2022)

Cabe mencionar, que existen más de 100 especies de café en el mundo, sin embargo, solo dos son las más comerciales: *Coffea Arábica* y *Coffea Canephora* o Robusta. El café arábico es el de mayor producción y antigüedad en agricultura. Las dos variedades representan el 99% del café que se consumen a nivel mundial, siendo la producción arábica mayor a la robusta en un 60% de en comparación a la otra con 40%. (Lino 2021)

Origen y distribución del café

El vocablo café se deriva del árabe “kahwah” (cauá). El café proviene del norte de Etiopía (antes Abisinia) en el oriente de África y se ha extendido alrededor del mundo a través de la Península Arábiga (InfoAgro 2022). Su cultivo está asociado a la historia y al progreso de muchos países que producen café por más de un siglo. Sin embargo, el cultivo era considerado raro hasta los siglos XV y XVI, cuando se establecieron extensas plantaciones en la región árabe del Yemen. Actualmente, dos tercios del café se cultivan en América Latina donde llegó vía Europa en el siglo XVIII. (Mesa et al. 2017)

Para la Asociación Nacional del Café (2019), el café surgió en África, en diversas regiones geográficas y climáticas. Está compuesto por más de 100 especies perteneciente al género *Coffea*. En el lugar de origen se establecieron diferentes tipos de cafetos, con particularidades genéticas diversas en cuanto a: porte, forma, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades y plagas, sabor, adaptabilidad, productividad, entre otros aspectos. De todas las especies existentes, solo se cultiva para el comercio, la *Coffea* arábica, integrada por variedades de arábica y *Coffea canephora* compuesta por diferentes grupos de robusta.

Taxonomía del café

El arbusto de café pertenece al género *Coffea* y tiene aproximadamente 100 especies; sin embargo, solo tres de estas son cultivadas con fines comerciales, como son: *Coffea arabica* L., *C. Canephora*, *C. Liberica* (Lino 2021).

Cuadro Taxonomía del café

| | |
|-----------------|----------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Anthophyta o Magnoliophyta |
| Clase | Dicotyledoneae |
| Subclase | Asteridae |
| Orden | Rubiales |
| Familia | Rubiaceae |

| | |
|---------------|-----------|
| Genero | Coffea L. |
|---------------|-----------|

Fuente. (Lino 2021)

Importancia de los cultivos de café

El cultivo de café en la actualidad es muy importante debido a los beneficios que generan tanto en los consumidores como en los productores. Existen muchas especies de árboles de café, pero solo dos son significativas para el comercio como: el Coffea arábica es la especie más cultivada y representa alrededor del 60% de la producción mundial debido a su alta calidad. El Coffea robusta representa el 40% de la producción mundial y es importante en la preparación de mezclas y se utiliza para elaboración de café instantáneo en los principales mercados. (Asociación Nacional del Café, 2019).

El café se constituye en un producto comercial importante para la economía de un país y es consumido en la mayoría de los países. El cultivo de café desde su procesamiento hasta su comercialización genera empleo a millones de personas en todo el mundo. Por tal razón, el café es relevante para la economía de varios países en desarrollo. Para la mayoría de los países menos desarrollados, las exportaciones de café representan un porcentaje significativo de los ingresos en divisas, en algunos casos más del 80%. (Lino 2021)

Herrera et al.(2021) mencionan que el cultivo de café es importante para la económica y sociedad de un país porque genera millones de dólares en divisas; además de empleo por la alta demanda de mano obrera que requiere el cultivo en todas sus fases, de lo cual se benefician miles de familias campesinas. En Ecuador, casi la totalidad de las provincias se encuentran involucradas en la cadena cafetalera. Según Bonilla (2017) el café también es importante para la salud debido a su principio activo (cafeína) ayudando a: mejorar la atención, reducir la fatiga mental y física, disminuye la aparición de diabetes, alivia la migraña, entre otros.

Vanegas et al. (2018) el café es importante en diferentes aspectos, en lo económico es una fuente de divisas para el país e ingresos para los productores y todos los involucrados en la cadena cafetera. En lo social, genera empleo a las

familias productoras y a las relacionadas a los procesos de comercialización. En lo ambiental, contribuye a la conservación de recursos naturales y biodiversidad.

Producción de café en Ecuador

La producción de café brinda bienestar socioeconómico de millones de ecuatorianos, lo que representa un 8% de la población nacional. Ecuador exporta las variedades de café (arábigo o robusta), ya sea procesado tanto lavado, natural, soluble, tostado y molido. En el país, este cultivo se encuentra a una altitud que va desde los 300 hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y está presente en todas las provincias del país. (Vera et al. 2022)

La producción de café en los países cafeteros es motivada por la demanda a escala internacional y las necesidades económicas de poder producir divisas. El cafeto es una de las plantas más cultivadas en el mundo, debido a su importancia económica, tanto así que es plantada en grandes áreas montañosas y boscosas de América y África. La caficultura ecuatoriana aun presenta una situación crítica debido a la baja productividad y deficiente calidad del grano, a causa del cultivo en zonas marginales, de la prevalencia de cafetales viejos y la falta de adopción de tecnologías. Además, la imagen del Ecuador como país productor es débil y para muchos desconocidos en el mercado mundial debido a los problemas antes mencionados. (Vera et al. 2022)

La producción de café no abastece la necesidad de los exportadores ecuatorianos por cantidad y calidad, es por ello, que el país importa café para procesarlo y luego exportarlo a otros países. Las principales zonas productoras de café arábigo se encuentran en las provincias: Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi, Los Ríos, Guayas, Esmeraldas y Galápagos. Sin embargo, Manabí es la de mayor producción de café con el 40% del total de sacos de 60kg producidos a nivel nacional. Esto debido a que la provincia actualmente existen aproximadamente 70.000 hectáreas, las cuales son las que proporcionan la mayor cantidad de toneladas de granos. (Vera et al. 2022)

Variedades de café

Según Valarezo (2020:12) las variedades más comerciales en la agricultura son:

Coffea arábica. Es la más comercial y representa el 60% del comercio mundial. El café requiere 1900 mm de lluvia por año, una temporada seca y temperatura entre 18 y 22° C. La planta produce a los 3 o 4 años y tiene una vida de 20 a 30 años. Se caracteriza por tener una altura de 5 metros o más. Su fruto es de alta calidad y sus ramas laterales crecen en pares. Las hojas son elípticas, puntiagudas y de una base ancha, de color verde oscuro y verde mate.

Coffea canephora o Robusta. Esta aporta alrededor el 40% de la producción mundial. Se caracteriza por alcanzar hasta 12 metros de altura. La inflorescencia es axilar, formadas por uno o tres verticilos, constituido por 15 a 30 flores blancas de 5 a 7 pétalos. Sus ramas son largas de 20 a 35 cm de largo y 8 a 15 cm de ancho. El sistema radical está constituido por un eje robusto y corto (0.30 m a 50 m). Las ramificaciones son laterales y numerosas.

Condiciones agroecológicas del café

Cuadro Condiciones agroecológicas del café

| | |
|-------------------------|---|
| Altitud | En Ecuador va desde los 300 msnm hasta los 1.700 msnm |
| Temperatura | 15 y 24°C |
| Precipitaciones | Puede variar de 1.000 a 3.000 mm. |
| Humedad relativa | 70-85% |
| Viento | 20 a 30 km/hora. |
| Topografía | Terrenos ligeramente ondulados y planos son mejores |
| Características | Propiedades Físicas: Textura adecuada. Media o limosa, con |

| | |
|------------------------|--|
| físico-químicas | estructura granular. Profundidad. Mayor a 50 cm Propiedades químicas: PH óptimo. entre 5,5 y 6,5.; % de materia orgánica. 2-5; Nitrógeno mayor a 3%; Potasio. 0,2-0,7 (meq/100gr); Fosforo. 6-14 (ppm) |
|------------------------|--|

Fuente. (Venegas et al. 2018)

Calidad del Café

La calidad del café se puede definir como el conjunto de cualidades sensoriales las cuales dependen de las bondades de la naturaleza puesto que para una buena calidad intervienen factores como: suelo, clima, temperatura, entre otros que hacen que este sea único. También depende de una serie de procesos que ayudan a la óptima conservación de las características físico-químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo tales como: métodos y procedimientos de cultivo, proceso de beneficio, condiciones de almacenaje, secado, entre otros (Vasquez et al. 2020)

También Vásquez et al (2020) mencionan que para evaluar la calidad del café es necesario considerar las condiciones físicas del grano como las cualidades de la infusión o taza de café; no obstante, la calidad del grano verde establece buena parte de la calidad de la infusión, ya que los defectos del grano originan sabores desagradables en la bebida. Otro factor importante a analizar es el color de los granos ya que este indica el estado de envejecimiento del café (café fresco: verde azulado o verde claro y café viejo: amarillento a blanqueado). La consistencia y aroma es otro parámetro indispensable para establecer la calidad del café puesto que este debe tener un porcentaje de humedad ideal y un aroma limpio y fresco.

De acuerdo Torrez (2017) en la actualidad debido a las tendencias de los consumidores y del mercado, una de las estrategias empleadas por los grandes productores para que el café sea demandado es brindar una excelente calidad natural del producto. Por esta razón es fundamental realizar la cosecha de los frutos en el momento preciso en que completen la maduración porque solo así se obtienen los valores máximos de masa y cualidades organolépticas. El proceso de cosecha debe realizarse cuando los frutos se encuentren completamente maduros; es decir,

cuando su coloración sea roja, púrpura o amarillo intenso, dependiendo de la variedad que se haya cultivado. Existen varios factores que determinan la calidad del café los cuales son:

Factores intrínsecos: tipo de café, variedad obtenida por selección: Típica, Borbón, Blue Mountain, otros elementos como altitud, condiciones el suelo y el clima.

Factores extrínsecos: labranza, recolección, beneficio primario y método de beneficiado primario utilizado: vía seca, vía húmeda. (p.23)

Quintero (2021) menciona que la calidad del café es el resultado de varios factores tales como: **Origen:** puesto que dependiendo del tipo de café este tendrá compuestos como cafeína, sacarosa, ácidos clorogénicos, entre otros que definen las diferencias entre la calidad sensorial, suavidad, color, sabor, aroma. **Ambiente:** las condiciones ambientales como el clima e higiene afectan la sanidad, tamaño e inocuidad del grano. **Personas:** el conocimiento técnico de los procesadores, recolectores, comerciantes sobre el café fusionado con las tradiciones culturales influyen en productividad, consistencia, sostenibilidad y calidad del café. **Procesos:** las prácticas de cosecha y transformación repercuten en la calidad. **Comercialización:** puesto que la calidad del café también depende de las regulaciones nacionales e internacionales, preferencia y gustos de los consumidores.

Efecto de Reguladores de crecimiento en cultivo de café

El cultivo del café requiere un amplio conocimiento de los factores que afectan su crecimiento, desarrollo y producción, así como llevar a cabo prácticas agronómicas adecuadas. Los reguladores de crecimiento son sustancias sintetizadas que al aplicarse a las plantas de café tienen los mismos efectos que las hormonas vegetales producidas naturalmente. Entre los principales efectos se pueden mencionar: Controla el crecimiento de raíces, regula la fotomorfogénesis, diferenciación de estomas y sistema vascular, promoción del vástago vegetal, control y adaptación a factores de estrés. También investigaciones han mencionado que el uso de reguladores de crecimiento en cultivos de café ha impactado de manera positiva en los mismos puesto que ha permitido una mejor germinación, mejor

adaptación a los factores estresantes logrando así aumentar el rendimiento y calidad del cultivo.(Cascante y Furcal 2018)

Brasinoesteroides

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que poseen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se encuentran en pequeñas cantidades en plantas en especial en las hojas, flores, polen y semillas. Debido a sus diversas propiedades son consideradas sustancias naturales altamente promisorias y apropiadas para la aplicación en la protección y aumento de la producción agrícola. Estas hormonas intervienen en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración. Además, permiten que las plantas tengan resistencia a estrés biótico y abiótico; motivo por el cual, son llamados también hormonas con efectos pleiotrópicos. (Hernández y García 2017)

También Hernández y García (2017) indican que son sustancias que se caracterizan por estimular el crecimiento vegetal, aumento de rendimientos y producción en diversos cultivos, aceleramiento de la maduración de los frutos y sobre todo incrementa la capacidad de resistencia a plagas, contribuye a la adaptación de diferentes situaciones de estrés como sequía, salinidad, altas temperaturas, entre otros. Es decir que las hormonas vegetales se han constituido en una herramienta clave para el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como también para la defensa de enfermedades u plagas. El componente más activo de este tipo de hormonas se llama brasinólida y en la actualidad es considerado un regulador de crecimiento. El uso de brasinoesteroides además de promover el desarrollo de las plantas, germinación, fijación de nitrógeno, senescencia, abscisión y tolerancia al estrés contribuyen a reducir el uso de químicos que son perjudiciales para la naturaleza y los cultivos.

Borjas et al (2020) los brasinoesteroides o también llamadas fitohormonas desde su descubrimiento ha generado impacto positivo en las plantas puesto que no solo aportan en su crecimiento y desarrollo, sino que también contribuye a obtener productos de mejor calidad. Estos estimuladores muestran efectos sobre la elongación, división celular, desarrollo vascular y reproductivo y modulación del estrés (biótico y abiótico). También interactúan con las señales ambientales y afectan el desarrollo de insectos y hongos. Por lo tanto, se puede decir que los brasinoesteroides mejoran la productividad y calidad de las cosechas.

Brasinoesteroides y su importancia en la agricultura

La agricultura constituye una de las actividades más importantes en la sociedad actual; motivo por el cual pequeños y grandes productores buscan nuevas modalidades que optimicen el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Entre los reguladores que suelen ser más usados por los agricultores se encuentran los de crecimiento o fitohormonas conocidos como brasinoesteroides, los cuales son utilizados en la agricultura tanto como estimuladores del rendimiento de los cultivos como agentes antiestresantes. La implementación de reguladores de crecimiento en cultivos es fundamental en virtud de que contribuye a mejorar en cantidad y calidad la producción final. El desarrollo normal de un cultivo depende de las concentraciones de brasinoesteroides como requerimiento esencial. (Díaz 2022)

También Díaz (2022) indica que el uso de brasinoesteroides en la agricultura es muy importante porque permite una mayor elongación y división celular, desdiferenciación celular con la formación de callo, o estimulan el desarrollo de brotes, bulbos y raíces; además, estos poseen un gran potencial para aumentar el desarrollo y crecimiento floral, ayuda a minimizar los daños producidos en las plantas por tipos de estrés y sobre todo es amigable con el ambiente y tienen la capacidad de inducir tolerancia a las temperaturas altas y de salinidad. El uso de reguladores de crecimiento dependiendo de la cantidad que se emplee posee efectos positivos o negativos, diversos estudios han demostrado que entre los principales beneficios en la agricultura son los siguientes:

- Contribuye a que los cultivos tengan mayor resistencia a enfermedades e infecciones por agentes externos
- Retarda el envejecimiento de las plantas
- Proceso de floración temprano y oportuno
- Incremento de la producción
- Aumento de longitud de las plantas
- Mayor crecimiento radicular
- Mejorar la calidad de los frutos.

Efectos fisiológicos de los brasinoesteroides

Los efectos de los compuestos vegetales conocidos como *brasinoesteroides* están relacionados con un estímulo productivo de la planta. Entre sus principales efectos se pueden mencionar: división, alargamiento y diferenciación celular; por lo tanto, su aplicación es fundamental en las fases de floración y cuajado de frutos, elongación de tallos, aumento de la longitud y ancho de las hojas, adaptación al estrés, incremento del tamaño de los frutos y retraso en la absorción de las hojas. También los brasinoesteroides pueden funcionar como auxinas en un momento y como giberelinas o citocininas en otro. (Castro 2021)

Según Sáez et al (2020) la aplicación de brasinoesteroides presenta varios efectos fisiológicos en el crecimiento vegetal, entre los más importantes se encuentran: incremento en la tasa de elongación del tallo, aumento en la expansión de las hojas, crecimiento del tubo polínico, reorientación de las microfibrillas de celulosa, así como la adaptación al estrés, ya que aumenta la tolerancia al frío en diversos cultivos. También es importante mencionar que los brasinoesteroides también tienen efecto en los procesos de micropropagación puesto que durante este las hormonas reguladoras de crecimiento provocan la formación de nuevos brotes, regeneración de plántulas a partir de embriones somáticos y promueven la formación de los embriones somáticos.

Meléndez (2021) establecen que el efecto de los brasinoesteroides en el crecimiento vegetal es particularmente fuerte en condiciones de crecimiento

adversas como la temperatura sub-óptima y salinidad; motivo por el cual, pueden ser llamados hormonas del estrés.(p.7). El autor menciona que entre los principales efectos fisiológicos están:

- Promueven el crecimiento y desarrollo
- Estimulan el crecimiento de la raíz
- No producen deformaciones en las plantas
- Regeneran la pared celular provocando un incremento de la biomasa
- Influyen positivamente en el estrés biótico y abiótico
- Regeneración de plántulas (p.7)

Modo de acción de los brasinoesteroides

Castro (2021) con respecto al modo de acción manifiesta lo siguiente:

Diferentes hipótesis se han determinado para revelar el efecto de los brasinoesteroides, es establecido genéticamente y que probablemente están involucrados en todos los pasos de la regulación del crecimiento celular. Asimismo, el modo de acción está dado principalmente por un efecto sobre la biosíntesis de enzimas como un efecto sobre la expresión del genoma y un efecto sobre la pared y la membrana celular. (p.25)

Se ha demostrado que estos compuestos son capaces de influir sobre las propiedades eléctricas de la membrana, su permeabilidad, la estructura, estabilidad y actividad de las enzimas de la membrana. Por lo otro lado, también el autor indica que los estimuladores de crecimiento o brasinoesteroides se sintetizan y funcionan a muy bajas concentraciones, sistematizando el crecimiento, desarrollo o metabolismo vegetal. (p.25)

Castillo et al (2018) menciona referente al modo de acción de los brasinoesteroides ocurre de la siguiente manera:

- Los brasinoesteroides interactúan en forma sinérgica con las auxinas
- La expansión celular es un requerimiento crítico para el crecimiento y la formación de órganos en los tejidos vegetales

- Pueden funcionar como auxinas en un momento y como giberelinas o citocininas en otro.
- La elongación celular estimulada por la aplicación de brasinoesteroides se ha determinado que se debe a un efecto sinérgico o aditivo a la originada por auxinas y giberelinas.
- Las hormonas vegetales no actúan solas, sino en conjunto.
- Activan la expresión de genes que normalmente se expresan solamente durante la adición de auxinas.
- Actúa como un bioestimulante que reduce la aplicación de químicos que dañan suelos y cultivos.

Reguladores fisiológicos

Los reguladores fisiológicos o también conocidos como de crecimiento son sustancias que tienen la capacidad de controlar el crecimiento de las plantas, estimulan la división celular, la floración, fructificación e inhibe el envejecimiento de las mismas, entre otros. Son compuestos orgánicos, activos en muy bajas concentraciones en ocasiones son producidos en determinados tejidos y transportados a otros donde ejercen sus efectos. Actúan en los distintos procesos de desarrollo de las plantas. Es importante mencionar que existen reguladores que son producidos por la planta, lo cuales reciben el nombre de fitohormonas u hormonas vegetales tales como: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y también incluyen brasinoesteroides; mientras que otros son de origen sintético.(Alcántara et al. 2019)

Uso de reguladores fisiológicos

Los reguladores fisiológicos son todos aquellos compuestos que se aplican en la planta con la finalidad de manipular un evento fisiológico. Son muy importantes porque contienen sustancias que ayudan a estimular los procesos de crecimiento y desarrollo; además, contribuyen a mejorar la captación, asimilación y eficiencia de nutrientes, tolerancia al estrés abiótico e incrementar la calidad. En la actualidad su uso es indispensable en la agricultura porque uno de sus fines es aumentar el rendimiento y calidad de los cultivos; esta es una de las razones por las que cada día

los grandes productores se suman a la implementación de reguladores de crecimiento.(Castillo et al. 2018). Entre los principales beneficios se encuentran:

- Ayuda a fortalecer el sistema radicular y la capacidad de absorción de nutrientes
- Contribuyen a una producción más sostenible, ya que mejoran el rendimiento y la calidad de los cultivos
- Promueven la elongación de las plantas
- Mejor proceso de germinación
- Mayor resistencia a factores estresantes
- Aceleración del proceso de maduración
- Reduce el estrés al frío y a condiciones salinas (p.7)

1.5. Hipótesis

Los brasinoesteroides condicionan el crecimiento del Cultivo de Café (*Coffea Arábica*), influye el rendimiento productivo y resistencia a plagas.

1.6. Metodología de investigación

El método de investigación es inductivo, porque está alineado a la investigación cualitativa, aplicada en este estudio. El tipo de investigación es descriptiva y bibliográfica en virtud de que se busca describir el fenómeno y analizarlo accediendo a diversas fuentes de información. La investigación bibliográfica permitió acceder a documentos, revistas, libros entre otras herramientas que brinden información para argumentar sobre el fenómeno estudiado. Las técnicas empleadas son análisis de contenido y síntesis, que ayudarán a efectuar juicios de valor a partir del empoderamiento de la temática investigada.

Es importante manifestar que la metodología de investigación está conformada por métodos teóricos que se alinean con el análisis documental efectuado en el proceso investigativo, lo cual permitió comprender el objeto de investigación en mayor medida, debido a que se analizaron contenidos bibliográficos de artículos científicos y de investigaciones similares, las mismas que facilitaron

obtener la información necesaria para el sustento de la proyecto de investigación y en función de aquello establecer conclusiones y recomendaciones sobre la premisa investigada.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La presente investigación determina la función de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico del cultivo de café (*Coffea arábica*). Por medio del estudio se determinó que los brasinoesteroides son compuestos vegetales que poseen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se encuentran en pequeñas cantidades en plantas en especial en las hojas, flores, polen y semillas. Debido a sus diversas propiedades son consideradas sustancias naturales altamente promisorias y apropiadas para la aplicación en la protección y aumento de la producción agrícola. Una de las funciones principales que tienen estas sustancias es la estimulación del crecimiento vegetal.

2.2. Situaciones detectadas

De acuerdo a la información analizada y documentada se establecen las siguientes situaciones:

El cultivo de café en la actualidad es muy importante debido a los beneficios que generan tanto en los consumidores como en los productores; a pesar de las privilegiadas aptitudes agroecológicas y diversidad de suelos para la producción de café, existen varios factores que impiden que los cultivos tengan un rendimiento y crecimiento eficiente. Entre los principales problemas de caficultura que se evidencian se encuentran: baja productividad de sus plantaciones, deficiente calidad del grano, falta del beneficio del grano por la vía húmeda, entre otro.

Una de los factores por los cuales se originan los problemas en los cultivos de café son las deficientes prácticas agrícolas y endeble conocimiento que poseen los agricultores sobre cómo mejorar los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas para así lograr incrementar el rendimiento, calidad y disminuir el uso de contaminantes químicos que perjudican la naturaleza y los cultivos.

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que poseen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas, entre sus principales beneficios se pueden mencionar: mejor calidad y rendimiento de cosechas, aceleramiento de la maduración de los frutos, incrementa la capacidad de resistencia a plagas y contribuye a la adaptación de diferentes situaciones de estrés tales como: sequía, salinidad y altas temperaturas. También otro hallazgo importante es que tienen efecto en los procesos de micropropagación de la planta puesto que durante este las hormonas reguladoras de crecimiento provocan la formación de nuevos brotes y regeneración de plántulas a partir de embriones somáticos.

La aplicación de hormonas vegetales genera diversos beneficios en los cultivos de café en virtud de que actúan tanto como estimuladores del rendimiento y desarrollo como agentes antiestresantes. Uno de sus principales beneficios es que permite mejorar en cantidad y calidad la producción final debido a que incide de manera positiva en los procesos fisiológicos de las plantas. El modo de acción de los brasinoesteroides está dado principalmente por un efecto sobre la biosíntesis de enzimas como un efecto sobre la expresión del genoma y un efecto sobre la pared y la membrana celular.

El uso de brasinoesteroides u reguladores en el cultivo de café produce varios efectos como: desarrollo de la planta, óptimo crecimiento de raíces, permite una mejor germinación y floración, contribuye a la maduración de los frutos, mejor adaptación a los factores estresantes logrando así aumentar el rendimiento y calidad del cultivo. También contribuyen a reducir el uso de químicos que son perjudiciales para la naturaleza. Sin embargo, aún los pequeños y medianos agricultores desconocen de los beneficios que brindan los Brasinoesteroides en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.3 Soluciones planteadas

Según los hallazgos se plantean las siguientes situaciones:

El uso de los estimuladores de crecimiento como los brasinoesteroides es una excelente práctica que aporta en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto influye de manera positiva en los cultivos. Es necesario que los productores tengan conocimiento de las funciones de la aplicación de este tipo compuestos para el óptimo crecimiento de los cultivos de café y su intervención en el proceso de maduración del fruto. Además, de los grandes efectos ecológicos y económicos potenciales que tienen sobre los cultivos.

Es indispensable determinar alternativas cuyo uso contribuya a la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola, como el empleo de los estimuladores de crecimiento que son considerados compuestos naturales que garantizan un óptimo desarrollo de las plantas y cuidado del ambiente. Es necesario que en la agricultura se haga uso de herramientas que logren un manejo adecuado de las explotaciones agrícolas y que permita obtener productos de calidad y que durante el cultivo no se deteriore el ambiente.

El uso de brasinoesteroides en la agricultura constituye una actividad muy importante porque permite una mayor elongación y división celular, desdiferenciación celular con la formación de callo, o estimulan el desarrollo de brotes, bulbos y raíces; además, estos poseen un gran potencial para aumentar el desarrollo y crecimiento floral, ayuda a minimizar los daños producidos en las plantas por tipos de estrés y sobre todo es amigable con el ambiente y tienen la capacidad de inducir tolerancia a las temperaturas altas y de salinidad.

En ocasiones los agricultores no poseen conocimientos suficientes sobre la importancia de determinados estimuladores de crecimiento; por esta razón una solución a esto sería la capacitación agrícola puesto que esta ayudará a adquirir conocimientos recientes y a remplazar técnicas obsoletas que son dañinas tanto para los cultivos como para el ecosistema, que permitan mejorar la calidad y cantidad de los productos y mejorar los procesos agrícolas.

2.4. Conclusiones

De acuerdo a la investigación desarrollada se concluye lo siguiente:

Una de las funciones principales de los brasinoesteroides es contribuir al crecimiento fisiológico y desarrollo de las plantas influyendo en el rendimiento y calidad de los cultivos; esta es una de las razones por las que cada día los productores se suman a la implementación de reguladores de crecimiento. Los brasinoesteroides pueden ser utilizados en la agricultura como estimuladores de rendimiento puesto que ayudan a que las plantas se adapten a condiciones desfavorables.

Los principales efectos de los brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico son elongación, división celular, desarrollo vascular y reproductivo y modulación del estrés (biótico y abiótico). También interactúan con las señales ambientales y afectan el desarrollo de plagas y hongos. Por lo tanto, su aplicación en los cultivos en las proporciones adecuadas generará un impacto positivo en los procesos agrícolas lo cual influirá en la cantidad y calidad de la producción final y tendrá riesgos mínimos de contaminación ambiental.

Los beneficios que genera el uso de brasinoesteroides en el crecimiento fisiológico de las plantas; sin embargo, aún existen agricultores que no posee suficientes conocimientos para implementar esta práctica agrícola y así mejorar la calidad de sus cultivos. La endeble capacitación agrícola en los productores no permite que sean capaces de innovar con nuevas técnicas para mejorar los procesos productivos y dar solución a problemas del Agro, en virtud de que los agricultores poseen un papel indispensable en el desarrollo de la agricultura.

2.5. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones se recomienda lo siguiente:

El uso de brasinoesteroides en la agricultura puesto que debido a sus propiedades fisiológicas son considerarlos sustancias naturales altamente promisorias y apropiadas para su uso en la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola. Es importante su aplicación en cultivos como el café porque estimula la floración, maduración y calidad de los frutos; además, su incorporación favorece la actividad biológica, el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con las plantas y el crecimiento vegetal de tal forma que los rendimientos se incrementan.

Se sugiere a los productores promover el uso de alternativas respetuosas con el ambiente que contribuyan a aumentar los rendimientos y minimizar el uso de sustancias químicas que son perjudiciales puesto que en ocasiones dañan la calidad de los cultivos. Es importante recordar que para tener éxito es necesario que las dosis de estimuladores de crecimiento vegetal sea la correcta y empleada según cada fase del cultivo puesto que esto garantizará que sus efectos sean los apropiados y obtener excelentes resultados en los cultivos.

Desarrollar talleres para los pequeños y medianos agricultores de acuerdo al avance de la agricultura, de manera que a través de estos medios logren adquirir conocimientos actualizados sobre prácticas agrícolas que contribuyan al desarrollo de la agricultura obteniendo excelentes niveles de eficiencia y calidad en la producción. Puesto que en la actualidad es fundamental que los agricultores estén preparados para solucionar problemas del agro, cumplir con las exigencias del mercado, utilizar de forma adecuada los recursos, cuidar del ambiente y sobre todo lograr una buena rentabilidad económica en las diversas actividades agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agromatica. 2017. Descubre los Brasinoesteroides, la hormona del futuro (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agromatica.es/brasinoesteroides/>.
- Alcantara, J; Acero, Y; Sánchez, R. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista NOVA* 17(32):109-129.
- Asociación Nacional del Café, A. 2019. Guía de variedades de café.
- Bonilla, J. 2017. Los beneficios del consumo de café. *Facultad Ciencias de la Salud* 19(2):47-48.
- Borjas, R; Julca, A; Alvarado, L. 2020. Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Revista Selva Andina Biosphere* 8(2):150-164.
- Cascante, P; Furcal, P. 2018. Efecto de reguladores de crecimiento, de *Trichoderma harzianum* y de elementos minerales sobre rebrotes de café (*Coffea arabica* L.) en Acosta, San José, Costa Rica. *Revista Agroinnovación* 1(1):3-9.
- Castillo, M; Rodríguez, C; Tongo, M. 2018. Respuesta de aplicación de brasinoesteroides en tres variedades de papa (*solanum tuberosum*) en el distrito de Yanahuanca provincia de Daniel Alcides Carrión. (Tesis de pregrado). Yanahuanca, Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. .
- Castro, M. 2021. Brasinoesteroides en el cuaje de flores y frutos de cacao. Trabajo experimental. Milagro, Ecuador, Universidad Agraria del Ecuador. .
- Díaz, C. 2022. Uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.). (Tesis de pregrado). Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. .
- Hernández, E; García, I. 2017. Brasinoesteroides en la agricultura. II. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2):451-462.
- Herrera, D; LLerena, L; Luna, R; Chilan, W. 2021. Crecimiento y desarrollo de variedades de café (*coffea robusta* p.) en el subtrópico ecuatoriano. *Ciencia Latina* 5(5):15187-15199.

InfoAgro. 2022. El cultivo del café: generalidades.

Lino, M. 2021. Evaluación de tres híbridos de café arábigo (*Coffea arabica*) en dos tipos de germinadores en la Parroquia El Anegado. (Tesis de Grado). Jipijapa, Ecuador, Universidad Estatal del Sur de Manabí. .

Meléndez, J. 2021. Fitohormonas promotoras en el crecimiento vegetal en la producción del cultivo de banano. (Tesis de pregrado). Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. .

Mesa, N; Medrano, J; Martínez, M; Grave de Peralta, M; Cabrera, Y. 2017. Efecto anticariogénico del café. *Correo Científico Médico de Holguín* 3(1):888-898.

Quintero, G. 2021. La calidad del café es el resultado de la combinación de varios factores. *Revista Café Ensoñación* 1(1):2-4.

Sáez, L; Córdova, I; Rodríguez, F. 2020. Los brasinoesteroides. Una nueva clase de hormonas vegetales. *Revista Ciencia* 57(4):194-198.

Salgado, R; Cortés, M; Del Río, R. 2018. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Revista Biológicas* (10):18-27.

Sánchez, R. 2020. Rol de brasinoesteroides en la postcosecha de zucchini y brócoli. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de la Plata. .

Torrez, N. 2017. Evaluación de los factores que afectan la calidad del café en post-cosecha en la región de Apolo. (Tesis de pregrado). La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. .

Valarezo, N. 2020. Evaluación del porcentaje de germinación de cinco cultivares de café(*Coffea Arabica*) empleando cuatro tratamientos en vivero. (Tesis de Grado). Machala, Ecuador, Universidad Técnica de Machala. .

Vasquez, Y; Vuelta, D; Rizo, M. 2020. Estudio sobre la calidad del café (*Coffea Arabica*) en la localidad de Filé, Municipio Tercer Frente, Cuba. *Ciencia en PC* 1(2):66-81.

Venegas, S; Orellana, D; Pérez, P. 2018. La realidad Ecuatoriana en la producción

de café. Revista Recimundo 2(2):72-91.

Vera, M; Tumbaco, P; Vera, R; Lagos, J; Ortega, J. 2022. Evaluación del comportamiento productivo de tres híbridos de café arábico. UNESUM-Ciencias:Revista Científica Multidisciplinaria 6(2):87-100.

Yara Internacional. 2022. Café: Exigencias del mercado.