



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

“Uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao  
(*Theobroma cacao* L.)”.

**AUTORA:**

Cinthia Joselyn Díaz Sánchez.

**TUTOR:**

Ing. Agr. Dario Dueñas Alvarado, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

## RESUMEN

El presente documento detalla sobre el uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.). Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se ha demostrado que influyen en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración. Las conclusiones demuestran que los brasinoesteroides son compuestos naturales que se encuentran en pequeñas cantidades en los órganos de las plantas, encontrándose principalmente en polen, hojas, yemas, flores y semillas, caracterizándose como compuestos polihidroxifenólicos; en la actualidad se conocen más de 45 miembros de la familia de los brasinoesteroides, por lo que constituyen una amplia familia de compuestos de potente actividad biológica, demostrándose que influyen en la germinación, en la rizogénesis, en la floración, en la senescencia, en la abscisión y en los procesos de maduración, y es por esto que se consideran como el sexto grupo de fitohormonas y a pesar de no existir investigaciones en cacao con aplicaciones de brasinoesteroides, se puede atribuir que estos mejorarían el desarrollo floral del cacao, inhibe la proliferación de enfermedades y a su vez incrementaría la producción de mazorcas de la plantación.

Palabras claves: Brasinoesteroides, reguladores de crecimiento, hormonas, cacao.

## **SUMMARY**

This document details the use of Brassinosteroids and their benefit in the cultivation of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). Brassinosteroids are plant compounds that have the ability to stimulate plant growth. They have been shown to influence germination, rhizogenesis, flowering, senescence, abscission, and maturation processes. The conclusions show that brassinosteroids are natural compounds that are found in small amounts in plant organs, mainly found in pollen, leaves, buds, flowers and seeds, characterized as polyhydroxyphenolic compounds; At present, more than 45 members of the brassinosteroid family are known, which is why they constitute a wide family of compounds with powerful biological activity, showing that they influence germination, rhizogenesis, flowering, senescence, abscission and in the maturation processes, and that is why they are considered as the sixth group of phytohormones and despite the absence of research on cocoa with applications of brassinosteroids, it can be attributed that these would improve the floral development of cocoa, inhibit the proliferation of diseases and in turn would increase the production of ears of the plantation.

Keywords: Brassinosteroids, growth regulators, hormones, cocoa.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.5. Fundamentación teórica .....	4
1.5.1. Generalidades del cacao .....	4
1.5.2. Brasinoesteroides en la agricultura .....	7
1.6. Hipótesis .....	13
1.7. Metodología de la investigación .....	13
CAPÍTULO II .....	14
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
2.1. Desarrollo del caso .....	14
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) .....	14
2.3. Soluciones planteadas .....	15
2.4. Conclusiones .....	15
2.5. Recomendaciones .....	15
BIBLIOGRAFÍA .....	16

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el cacao ha sido un rubro de importancia económica y social en distintas culturas del continente americano, especialmente fue un producto simbólico dentro de la cultura incaica, en la que cumplió una función tanto para el consumo como para el comercio, ya que sirvió como una especie de moneda para realizar intercambios entre comunidades y grupos aborígenes. Por esta razón, en la actualidad se está sembrando variedades de especies, como es el caso del cacao fino de aroma, que gracias a sus bondades químicas y sensoriales es exportado a distintas latitudes, donde tiene relevante aceptación (Andrade et al., 2019).

Las hormonas vegetales son sustancias orgánicas que se encuentran en la planta en muy bajas concentraciones, las mismas que son sintetizadas en un determinado lugar del tejido vegetal de un individuo, las cuales son transportadas a otro lugar mediante su sistema vascular y ayudan al desarrollo filológico de la planta mejorando su metabolismo (Steven 2020).

El estudio intensivo de una nueva clase de fitohormonas denominadas "Brasinoesteroides" y la demostración, a través de múltiples investigaciones, de su capacidad para activar a muy bajas concentraciones los procesos metabólicos y el crecimiento vegetal, abre nuevas perspectivas en su utilización como sustitutos de las hormonas de crecimiento en los diferentes procesos biológicos (García et al., 2016).

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se ha demostrado que influyen en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración. Los brasinoesteroides también confieren resistencia a las plantas contra estrés abiótico y biótico, por lo que se les considera como una nueva clase de hormonas vegetales con efectos pleiotrópicos. Los recientes descubrimientos de las propiedades fisiológicas de los brasinoesteroides permiten considerarlos como sustancias naturales apropiadas para su uso hacia la protección de las

plantas y aumento en la producción agrícola, entre otras características (Hernández y García 2016).

Por lo expuesto, el presente documento trató el estudio de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento detalla sobre el uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se ha demostrado que influyen en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración.

### 1.2. Planteamiento del problema

El 70% de las plantaciones viejas de cacao en el país, necesitan ser rehabilitadas debido a los bajos rendimientos que están originando. Existen árboles que genéticamente presentan baja producción y una gran cantidad de estos son improductivos; además, la alta presencia de enfermedades y el deficiente manejo agronómico, hacen que los rendimientos se reduzcan considerablemente. Por esta razón, los injertos han mostrado problemas fisiológicos en su desarrollo posiblemente relacionados con desbalances hormonales (Cárdenas *et al.*, 2015).

Los brasinoesteroides inciden en el crecimiento de las plantas, provocando su carencia con una baja tasa de elongación, escaso crecimiento del tubo polínico, enrollamiento de las hojas, estrés, baja la tolerancia al frío.

### 1.3. Justificación

La producción de cacao en Ecuador es un rubro de gran importancia, genera significativas fuentes de ingresos económicos y brinda trabajo a miles de personas. El cacao Tipo Nacional conocido también como “Arriba” es producido

por pequeños agricultores quienes comercializan con intermediarios, esta es una práctica habitual en el país y la provincia de Los Ríos no está al margen de esta situación (Intriago *et al.*, 2018).

Los brasinoesteroides estaban involucrados en el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. Los brasinoesteroides fueron entonces aceptados por la mayoría de los científicos como una nueva clase de hormonas vegetales, y actualmente el número de investigadores que estudian sus efectos se ha incrementado considerablemente (Carbonell *et al.*, 2016)

Por lo expuesto se justifica la presente investigación sobre el estudio de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao.

#### **1.4. Objetivos**

##### **General**

Estudiar la utilidad de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

##### **Específicos**

- Determinar el beneficio de las hormonas vegetales en el cultivo de Cacao.
- Identificar la importancia de los brasinoesteroides en el rendimiento de los cultivos.

#### **1.5. Fundamentación teórica**

##### **1.5.1. Generalidades del cacao**

Anecacao (2020) publica que tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está



atestiguado alrededor de 2,000 años antes de Cristo. No obstante, estudios recientes demuestran que por lo menos una variedad de *Theobroma cacao* tiene su punto de origen en la Alta Amazonía y que ha sido utilizada en la región por más de 5,000 años.

Montes (2016) indica la taxonomía del cacao:

Reino:           Plantae  
Tipo:            Magnoliophyta  
Clase:           Magnoliopsida  
Orden:           Malvales  
Familia:        Sterculiaceae  
Género:        *Theobroma*  
Especie:        *cacao* L

Anecacao (2020) divulga que la cultura del cacao en Ecuador es antigua, se sabe que, a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y la utilización de esta especie en la región costera. En nuestro país se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como Nacional es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma.

Mora *et al.* (2014) argumentan que el Ecuador se caracteriza por producir un cacao fino de aroma, producto altamente apetecido por los mercados internacionales. La baja producción de este tipo de cacao ha llevado a los agricultores a optar por otras variedades de mayor rentabilidad, tecnología para el control de plagas y enfermedades y diferentes programas de nutrición que aporten al desarrollo de plantas con características superiores como un aporte al mejoramiento productivo del cacao en el país.

Quiroz y Soria (1994) aseguran que el país ha reconocido la necesidad de mantener su mercado de cacao fino, por lo cual se ha considerado prioritario conservar, mejorar y multiplicar, germoplasma de cacao

Nacional. Por ello, se consideró necesario realizar estudios de una caracterización fenológica e izoenzimática de la variedad "Nacional" mediante la aplicación de programas de nutrición, lo cual permitirá preservar y propagar este material tan importante por su calidad y aroma.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano se ha caracterizado por su prestigio de calidad gracias al complejo genético nacional que actualmente se encuentra en un avanzado proceso de erosión genética debido a su baja producción, susceptibilidad a plagas y disminución de las características fenotípicas del mismo, originando un constante desplazamiento por cacaos híbridos de alta producción, medianamente resistentes a plagas, con elevados costos de producción pero de baja calidad organoléptica, ocasionando inestabilidad en los precios, baja competitividad, y pérdida de importantes nichos de mercado, desestabilizando al sector cacaotero nacional (Jácome 2018).

ANECACAO (2020) considera que en la actualidad, la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla de Nacional y Trinitario introducidos después de 1920 por considerarse más resistente a las enfermedades. Sin embargo, el sabor Arriba sigue permaneciendo ya que el Ecuador tiene las condiciones agro-climáticas para el desarrollo del cultivo.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta que se encuentra de manera natural en los bosques de América del Sur. Algunas tribus indígenas de Centro y Sur América ya la conocían antes de la llegada de los españoles, los cuales le daban gran variedad de usos y por su alto valor era utilizado como moneda por algunas tribus como los Chichimecas, Toltecas y Aztecas (Salazar 2016).

Enríquez (2016) argumenta que la demanda de cacao limpio y de alta calidad y aroma es uno de los puntos más importantes a ser tomados en cuenta por los cacaoteros del Ecuador, puesto que es uno de los factores competitivos más importantes, pero que no se lo aprovecha de forma

adecuada.

Salazar (2016) comenta que el cacao se clasifica en el género *Theobroma* y pertenece a la familia Malvácea. Se han descrito cerca de 22 especies, las cuales están ubicadas principalmente en Suramérica y partes de Centro América. De forma natural encontramos las especies *Theobroma cacao* L. con dos subespecies: una que presenta frutos alargados con surcos pronunciados y granos blancos (cacao criollo) y otra que presenta frutos redondeados con surcos escasamente evidentes y la semilla es de color púrpura (cacao Forastero).

En la actualidad el Ecuador ocupa el cuarto lugar como mayor productor mundial de cacao y el primer lugar como productor de cacao fino de aroma. El país ha sido reconocido en el extranjero gracias a su cacao fino de aroma, cuyas características organolépticas especiales lo diferencian de otros porque posee fragancias y sabores florales y frutales (Gavilanes 2018).

Vergara y Yerovi (2016) considera que Ecuador es el país reconocido a nivel internacional como el productor del cacao con mayor calidad, además de eso también se encuentra la empresa elaboradora del chocolate en barra más cara del mundo, sin embargo la mayor producción que se hace en el país no es del todo natural sino más bien es un híbrido creado en los años 60 y que ha ganado mercado a través de los años por su alta producción y rentabilidad.

### **1.5.2. Brasinoesteroides en la agricultura**

El desarrollo vegetal se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas, que activan o reprimen determinados procesos fisiológicos cuando interactúan entre sí. Estas sustancias químicas conforman las fitohormonas, que en la actualidad se definen como reguladores producidos por las plantas y que a bajas concentraciones regulan sus procesos fisiológicos. Estas sustancias pueden ser sustituidas por

compuestos sintéticos introducidos desde el exterior. La utilización de reguladores de crecimiento en cultivos económicos ha recibido por parte de los investigadores una renovada atención, ya que ha sido constatada una mejoría en la cantidad y calidad de la producción final, además de observarse los efectos de precocidad o retardamiento, dependiendo del fitorregulador, las dosis, época de aplicación y el lugar. El desarrollo normal de la planta depende de las concentraciones de brasinoesteroides como requerimiento esencial (Hernández *et al.* 2016).

En Japón, se sintetizó por primera vez la brasinolina en 1980, pero su proceso de síntesis requiere de múltiples pasos, indicando que su preparación es muy costosa para ser utilizado en la agricultura. Esta situación no se modificó aún después del descubrimiento de muchas rutas sintéticas, por lo que han sido pocos los brasinoesteroides que se han probado en condiciones de campo (Cuenca *et al.* 2014)

Jordán y Casaretto (2016) acotan que los efectos promotores de los brasinoesteroides sobre la elongación del tejido vegetativo han sido observados en muchas especies, pero solamente en pocas se han estudiado en detalle. En general, los brasinoesteroides se han probado para evaluar su actividad promotora del crecimiento vegetal en más de 20 bioensayos típicos para la actividad de auxinas, giberelinas y citocininas. En ellos se ha demostrado que inducen tanto la elongación como la división celular, lo que resulta en el crecimiento, engrosamiento y curvatura en coleóptilos de avena.

En varios sistemas, los brasinoesteroides interactúan en forma sinérgica con las auxinas y se reporta que los brasinoesteroides 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 (Jordán y Casaretto 2016).

Al comparar los efectos de los brasinoesteroides con los de otras

sustancias reguladoras del crecimiento vegetal se destacan características tales como: una actividad a concentraciones extremadamente bajas (0.1-0.001 mg/L), que es un rango 100 veces menor que el de los otros reguladores de crecimiento vegetal, estimulan el enraizamiento, no causan deformaciones, principalmente ejercen su efecto cuando las plantas están bajo condiciones de crecimiento adversas. Estudios toxicológicos demuestran que estos compuestos no son genotóxicos, ni ecotóxicos y tampoco antígenotóxicos (Hernández y García 2020).

El tratamiento con las hormonas vegetales reconocidas afecta la elongación inducida por la brasinolina; las giberelinas tienen un efecto aditivo y la zeatina un efecto inhibitorio. Con las auxinas hay un sinergismo, donde la brasinolina permite a éstas inducir elongación cuando solas son inefectivas. La auxina exógena afecta la cinética de la respuesta a la brasinolina; sin embargo, el sinergismo encontrado en pepino puede atribuirse a un incremento en la amplitud de la respuesta a la auxina. Es interesante destacar que, aunque tanto las auxinas como los brasinoesteroides promueven la elongación, sus cinéticas son muy diferentes, ya que generalmente las auxinas muestran un lapso de tiempo muy corto (10 a 15 min) entre la aplicación y el comienzo de la elongación; sin embargo, los brasinoesteroides tienen un lapso de al menos 45 min con velocidades de elongación que continúan por varias horas (Jordán y Casaretto 2016).

A nivel molecular, los brasinoesteroides modifican la expresión de genes y el metabolismo de ácidos nucleicos y proteínas. En trabajos de morfogénesis in vitro, además de los reguladores de crecimiento tradicionalmente usados (auxinas, citocininas y giberelinas) se incluyen a algunos brasinoesteroides, con resultados positivos fundamentalmente en la fase de adaptación de las plántulas, en el porcentaje de germinación y vigor de las plántulas (Hernández y García 2020).

Al comparar los efectos de los brasinoesteroides con los de otras

sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, se deben destacar las siguientes características: 1. los brasinoesteroides son activos a concentraciones extremadamente bajas, generalmente soluciones de 0.1 – 0.001 ppm, que es un rango 100 veces inferior que el de los otros reguladores del crecimiento vegetal. 2. Los brasinoesteroides estimulan el crecimiento de la raíz 3. Los brasinoesteroides no causan deformaciones en las plantas 4. El efecto de los brasinoesteroides en el crecimiento vegetal es particularmente fuerte en condiciones de crecimiento adversas (temperatura subóptima, salinidad), por lo que los brasinoesteroides pueden ser llamados “hormonas del estrés” 5. Los brasinoesteroides tienen baja toxicidad *vide post* (Cuenca *et al.* 2014).

Los brasinoesteroides también pueden ser considerados como un nuevo grupo de hormonas vegetales con función reguladora en el alargamiento y la división celular, a la vez que interactúan con las hormonas vegetales y otras sustancias del crecimiento, todo lo que indica que los brasinoesteroides pueden jugar un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Terry *et al.* 2016).

Una de las alternativas que se proponen es el uso de biorreguladores que permitan aumentar la respuesta de las plantas ante estas condiciones. Dentro de estos se encuentran los brasinoesteroides, un nuevo grupo de esteroides esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se les atribuye la capacidad para incrementar la tolerancia a estrés abiótico, que cobra cada vez más interés, teniendo en cuenta las afectaciones medioambientales que se han presentado durante los últimos años (García *et al.* 2015).

Núñez (2012) corroboran que “Se ha demostrado también la utilidad de la aplicación conjunta de brasinoesteroides y varios fertilizantes, para reducir la acumulación de metales pesados en cultivos crecidos en suelos donde existe contaminación con estos elementos”.

La germinación de las semillas ha sido estudiada con muchos fines; en el

caso del uso de los brasinoesteroides, se ha encontrado un efecto favorecedor de estos compuestos, esencialmente en condiciones de salinidad y estrés hídrico, obteniéndose mejores respuestas cuando las semillas son imbibidas en soluciones a determinadas concentraciones de estos productos (García *et al.* 2015).

Otro aspecto a destacar es que la resistencia a enfermedades en los cultivos resultó por la aplicación con epibrasinólida. Por ejemplo, la marchitez de la hoja es uno de los efectos más dañinos inducidos por el estrés ambiental durante el período, desde la fase de llenado hasta la maduración y se encontró que la aspersion con este producto redujo la incidencia de este fenómeno y también la acumulación de amonio libre y de putrescina, que son considerados como indicadores de este fenómeno (Núñez 2012).

Las aplicaciones de los brasinoesteroides han sido extensas y muy exitosas y, aunque los mecanismos de acción de estos compuestos no están del todo esclarecidos, se ha detectado en diferentes cultivos un efecto estimulador, a concentraciones mucho más bajas que cuando se utilizan otras hormonas vegetales, en el crecimiento de las plantas específicamente a favor de los caracteres como la altura y la producción de materia seca. Sin embargo, en relación con el crecimiento de las raíces se han informado resultados contradictorios, encontrándose en algunos ensayos incrementos y en otros inhibición (García *et al.* 2015).

Los brasinoesteroides (BRs) son un grupo de reguladores vegetales clasificados como polihidroxi-esteroides. Estos han sido reconocidos como fitohormonas. Son ubicuos en el reino vegetal, encontrándose en diferentes tejidos y órganos, como semillas, raíces, tallos, hojas y frutos. Se encuentran implicados principalmente en el crecimiento y expansión celular de las plantas. Se pudo comprobar su influencia en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión como así también en la maduración. También se evidenció la capacidad de los BRs de conferir resistencia a las plantas contra estrés biótico y abiótico agrícola (Marín

2022).

Recientemente, estudios demostraron que los brasinoesteroides confieren a las células vegetales alguna tolerancia al estrés y sugieren que los mecanismos por los cuales estos compuestos ejercen estos efectos antiestrés pueden ser, en parte, similares a los del ácido abscísico (Marin 2022).

En estudios de morfogénesis, la aplicación de los brasinoesteroides también ha mostrado resultados positivos; se ha observado que la adición de brasinoesteroides a los medios de cultivo, inducen respuestas de elongación y división celular, desdiferenciación celular con la formación de callo, o estimulan el desarrollo de brotes, bulbos y raíces. Los brasinoesteroides poseen un gran potencial para aumentar el desarrollo y crecimiento floral; por ejemplo, los bulbos de gladiolos y tulipanes embebidos en una solución de epibrasinólida origina una emergencia temprana de yemas florales y un incremento del número de flores y un elevado aumento del número (68%) y masa (85%) de bulbos y yemas bulbíferas (Hernández y García 2020).

Son varios los estudios que informan la influencia de diferentes microorganismos con actividad biológica, como potenciadores del incremento de los rendimientos agrícolas; de igual forma, el análogo de productos a base de brasinoesteroides, ha sido descrito como producto capaz de incrementar la producción de diferentes especies de importancia agrícola (Terry *et al.* 2016).

Estudios realizados demuestran el efecto de los análogos espirostánicos de brasinoesteroides sobre la ultraestructura foliar y la actividad de enzimas antioxidantes bajo estrés de altas temperaturas en los cultivos. Sin embargo, existe muy poca información sobre la acción de estos compuestos en plantas tratadas en condiciones de déficit hídrico (García *et al.* 2015).

Diversos han sido los resultados a nivel internacional sobre el efecto de



análogos de brasinoesteroides en el crecimiento y rendimiento de cultivos de importancia económica, los que han demostrado la efectividad de estos como estimuladores del crecimiento y el rendimiento en la agricultura (Corbera y Núñez 2014).

## **1.6. Hipótesis**

Ho= no es importante el uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

Ha= es importante el uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para la elaboración de la presente información se recopiló información de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos que contribuirán al desarrollo del presente documento que sirvió como componente práctico del trabajo de titulación.

La documentación obtenida fue parafraseada, resumida y analizada a fin de obtener información relevante sobre el estudio de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

La presente revisión bibliográfica detalla el uso de los Brasinoesteroides y su beneficio en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.).

Los brasinoesteroides se han encontrado principalmente en polen, hojas, yemas, flores y semillas en proporciones y formas diferentes. Son compuestos esteroidales, que juegan un papel esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y se han revisado sus efectos en la división y expansión celular, la citodiferenciación, la germinación de las semillas, el crecimiento, la dominancia apical, la reproducción, la senescencia y otros efectos fisiológicos. En esa revisión se aborda, de forma muy general, la interacción de los brasinoesteroides con señales ambientales y los estrés, destacando que la aplicación de estos compuestos puede mejorar la respuesta de las plantas a diferentes estrés bióticos y abióticos.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

Faltan investigaciones desarrolladas con la aplicación de brasinoesteroides en el cultivo de cacao, para determinar la influencia de los mismos.

La combinación de los brasinoesteroides conjuntamente con hormonas vegetales como auxina y giberelinas aumentan la respuesta beneficiosa para los cultivos.

Si no se utilizan brasinoesteroides en los cultivos, se corre el riesgo de incrementar la producción y rentabilidad.

### **2.3. Soluciones planteadas**

Utilizar brasinoesteroides combinados con hormonas vegetales para evaluar la eficacia en los cultivos de ciclo perenne.

Realizar investigaciones sobre brasinoesteroides en el cultivo de cacao.

### **2.4. Conclusiones**

Los brasinoesteroides son compuestos naturales que se encuentran en pequeñas cantidades en los órganos de las plantas, encontrándose principalmente en polen, hojas, yemas, flores y semillas, caracterizándose como compuestos polihidroxifenólicos.

En la actualidad se conocen más de 45 miembros de la familia de los brasinoesteroides, por lo que constituyen una amplia familia de compuestos de potente actividad biológica, demostrándose que influyen en la germinación, en la rizogénesis, en la floración, en la senescencia, en la abscisión y en los procesos de maduración, y es por esto que se consideran como el sexto grupo de fitohormonas.

A pesar de no existir investigaciones en cacao con aplicaciones de brasinoesteroides, se puede atribuir que estos mejorarían el desarrollo floral del cacao, inhibe la proliferación de enfermedades y a su vez incrementaría la producción de mazorcas de la plantación.

### **2.5. Recomendaciones**

Efectuar ensayos de campo con el uso de brasinoesteroides, en el cultivo de cacao, a fin de identificar los beneficios que producen en el cultivo.

Establecer divulgación a los agricultores sobre la importancia de los brasinoesteroides como regulador de crecimiento, para los diferentes cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., & Ureña Peralta, M. O. 2019. Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao* L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.
- Anecacao. 2020. Origen e historia del cacao. Disponible en <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Carbonell, L. S., Lara, I. C., Paredes, F. R. 2016. Los brasinoesteroides. *Revista Ciencia*. Pags 80 -86
- Cárdenas-Hernández, J. F., Álvarez-Herrera, J. G., Barragán, E., & Rivera, C. M. 2015. Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Colombiana*, 28(1), 19-27.
- Corbera, J., & Núñez, M. 2014. Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-6 en soya, inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo Ferralsol. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 9-13.
- Cuenca, L. G., Meriño, D. C., Martínez, G. F. D., & Rivas, G. P. 2014. Aplicación de dos productos análogos de brasinoesteroides ante condiciones climáticas adversas en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Ciencias Holguín*, 16(1), 1-9.
- García, A., Rodríguez, T., Héctor, E., & Núñez, M. 2015. Efecto del análogo de brasinoesteroide MH-5 en el crecimiento in vitro del arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de déficit hídrico. *Cultivos Tropicales*, 26(1), 89-93.
- García, D., Marrero, M. T., Cuba, M., & Nuñez, M. 2016. Efecto cualitativo de análogos de brasinoesteroides como sustitutos hormonales en la callogenesis de cafE (*Coñea canephora* Variedad Robusta). *Cultivos Tropicales*, 18(2), 44-46.
- Gavilanes Ponce, A. J. 2018. *Factores que inciden en la producción y exportación de granos de cacao orgánico ecuatoriano hacia el Mercado Estadounidense período 2012-2016* (Doctoral dissertation).
- Hernández Silva, E., & García-Martínez, I. 2016. Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 441-450.

- Hernandez Silva, Eduardo y Garcia-Martinez, Ignacio. 2020. Brasinoesteroides en la agricultura. II. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online]. 2016, vol.7, n.2.
- Hernández, M. M., Moré, O., & Nuñez, M. 2016. Empleo de análogos de brasinoesteroides en el cultivo in vitro de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 20(4), 41-44.
- Intriago, F. L. M., Zenteno, M. D. C., Neto, J. A. F., Galeas, M. M. P., Caicedo, W. R. B., & Moyano, M. N. A. 2018. Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(1), 63-69.
- Intriago, F. L. M., Zenteno, M. D. C., Neto, J. A. F., Galeas, M. M. P., Caicedo, W. R. B., & Moyano, M. N. A. 2018. Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(1), 63-69.
- Jácome Vásquez, J. E. 2018. Análisis de la diversidad fenotípica de cacao nacional x trinitario *Theobroma cacao* L en la provincia de El Oro (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- Jordán, M., & Casaretto, J. 2016. Hormonas y reguladores del crecimiento: etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido jasmónico. *Fisiología vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile*.
- Marin Campos, V. M. 2022. *Oligosacarinas extraídas de las glóquidas de tuna y su efecto en el desarrollo de cultivos hortícolas* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo).
- Montes Mosquera, M. 2016. "Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo" (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo)
- Mora, F. D. S., Montufar, J. Z., Chang, J. V., Remache, R. R., Fiallos, F. R. G., Montúfar, G. H. V. 2014. Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Núñez, M. 2012. Reseña bibliográfica. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 20(3), 63-72.

- Quiroz Vera, J., Soria, J. 1994. Caracterización fenotípica del cacao nacional de Ecuador.
- Salazar-Díaz, R. 2016. Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento comercial de cacao orgánico (*Theobroma cacao*) en Talamanca.
- Steven, H. P. B. 2020. Efecto de reguladores fito-hormonales en la producción de cacao (*Theobroma cacao*) CCN51 (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Terry, E., Núñez, M., Pino, M. D. L. A., & Medina, N. 2016. Efectividad de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos tropicales*, 22(2), 59-65.
- Vergara Marcillo, J. E., Yerovi Saltos, C. E. 2016. *Producción de cacao orgánico fino de aroma en la Provincia del Guayas, Cantón General Antonio Elizalde Bucay*.