



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA,
PESCA Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE TITULACION

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

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

“Importancia de los brasinoesteroides en la producción del cultivo
de arroz (*Oryza sativa* L.) en zona tropical”.

AUTORA:

Damaris Noemí Mora Villamar

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon González Chica, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

El presente documento detalla sobre la importancia de los brasinoesteroides en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en zona tropical. Las conclusiones demuestran que en el Ecuador, es cultivo de arroz se produce casi en su totalidad en el litoral, con 97 % de la producción, distribuyéndose principalmente en tres provincias: Guayas, Los Ríos y Manabí; los brasinoesteroides se han probado para evaluar su actividad promotora del crecimiento vegetal para la actividad de auxinas, giberelinas y citocininas, por lo tanto pueden inducir la elongación como la división celular, lo que resulta en el crecimiento, engrosamiento y curvatura en coleoptilos y los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas, especialmente en el cultivo de arroz, influyendo en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración., especialmente para el crecimiento y desarrollo de las plantas, incrementando la tolerancia al estrés abiótico.

Palabras claves: arroz, brasinoesteroides, promotores de crecimiento, producción.

SUMMARY

This document details the importance of brassinosteroids in the production of rice crops (*Oryza sativa* L.) in the tropical zone. The conclusions show that in Ecuador, rice cultivation is produced almost entirely on the coast, with 97% of production, distributed mainly in three provinces: Guayas, Los Ríos and Manabí; Brassinosteroids have been tested for their plant growth promoting activity for the activity of auxins, gibberellins and cytokinins, thus they can induce elongation like cell division, resulting in growth, thickening and curvature in coleoptiles and brassinosteroids are plant compounds that have the ability to stimulate plant growth, especially in rice cultivation, influencing germination, rhizogenesis, flowering, senescence, abscission and maturation processes, especially for the growth and development of plants. plants, increasing tolerance to abiotic stress.

Keywords: rice, brassinosteroids, growth promoters, production.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
SUMMARY	iii
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	3
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Importancia del cultivo de arroz.....	5
2.1.2. Brasinoesteroides en la agricultura	7
2.1.3. Brasinoesteroides en el cultivo de arroz.....	12
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. RESULTADOS.....	14
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	16
3.1. CONCLUSIONES.....	16
3.2. RECOMENDACIONES.....	16
4. BIBLIOGRAFIA.....	18

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) es una gramínea cuyo origen se remonta en Asia concretamente del sur China, rica en nutrientes y minerales como Riboflavina, Retinol, Calcio, Magnesio, Fosforo y Carbohidratos. Entre las características se destacan el reducido número de calorías, cantidad moderada de carbohidratos y el importante aporte de azúcares que otorga a los consumidores, su bajo costo y propiedades nutricionales convirtiéndolo en un componente fundamental de la seguridad alimentaria, constituyéndose como el principal producto en la dieta de gran cantidad de personas (Mendoza *et al.* 2019)

Las hormonas vegetales, también conocidas como fitohormonas, son sustancias que juegan un papel clave en el desarrollo en las plantas, ya que son capaces de regular de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas, como el crecimiento y el desarrollo en respuesta a las señales del medio ambiente como la luz. 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 (Hernández y García 2017).

En el arroz su productividad es afectada por la salinidad, especialmente en la etapa de plántula, siendo más susceptible al estrés salino. Los brasinoesteroides son potentes reguladores del crecimiento vegetal de naturaleza esteroidal, teniendo efectos pleiotrópicos como estimulación del alargamiento celular y de la desdiferenciación de protoplastos, regeneración de la pared celular, regulación de la diferenciación de elementos traqueales e incremento de la biomasa y del rendimiento. Además, el efecto protector ante diferentes condiciones de estrés abiótico (Reyes *et al.* 2016)

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los principales cultivos de alimentación para la población, siendo fuente de consumo tanto a nivel mundial como local (Reyes 2018).

Uno de los principales factores que influyen para que los agricultores obtengan rendimientos pocos satisfactorios es la no aplicación de productos complementarios a la nutrición o que ayuden a mejorar su productividad, repercutiendo en los ingresos económicos (Guerrero y Gerrón 2017).

En ciertas ocasiones los productores desconocen la importancia del uso de las hormonas vegetales en los cultivos, que son encontradas fácilmente en polen, hojas, yemas, flores y semillas (Frausto 2017).

Cuando en las plantaciones arroceras no se logra aplicar los brasinoesteroides, las plantas obtienen poca estimulación en cuanto al crecimiento, por lo tanto, existe baja germinación, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración (Cañarte y Cañarte 2018).

Por ello es necesaria la búsqueda de alternativas, como productos a base de brasinoesteroides, que ayuden a mejorar significativamente las plantaciones arroceras.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los tiempos actuales, el arroz se ha extendido a prácticamente todas las latitudes del planeta, y, después del maíz, es el cereal que más se produce; sin embargo, se puede afirmar que es el más importante en la alimentación de la población humana en todo el mundo. Por sus características, es considerado como un alimento sano y nutritivo (Ramos 2016).

Los brasinoesteroides son fitohormonas que poseen un amplio espectro de actividad antiestrés y promueven el crecimiento y el rendimiento en cultivos de grano. Los brasinoesteroides han recibido menos atención como

moduladores de resistencia y probablemente como mejoradores de la calidad nutritiva del grano (Sosa *et al.* 2021)

Los metabolitos vegetales tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas, influyendo en la germinación, en la rizogénesis, en la floración, en la senescencia, en la abscisión y en los procesos de maduración. También se les considera como una nueva clase de hormonas vegetales con efectos pleiotrópicos. Estudios de las propiedades fisiológicas de los brasinoesteroides, permiten considerarlos como sustancias naturales, amigables con el ambiente, apropiados para su uso hacia la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola (Garciglia *et al.* 2017).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Establecer la importancia de los brasinoesteroides en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en zona tropical.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar los beneficios de los brasinoesteroides en la producción sostenible de arroz.

- ✓ Determinar la importancia de los brasinoesteroides en el cultivo de arroz.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En lo referente a la temática sobre Importancia de los brasinoesteroides en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en zona tropical, se hace referencia al dominio de Recursos agropecuarios, con la línea de investigación Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y la sublínea de Agricultura sostenible y sustentable de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Hay que destacar que 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 el estrés, destacando que la aplicación de estos compuestos puede mejorar la respuesta de las plantas a diferentes estrés bióticos y abióticos.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Importancia del cultivo de arroz

Zambrano *et al.* (2019) relata que:

El arroz (*Oryza sativa L*) en el mundo, es uno de los tres granos alimenticios que predomina en superficie y producción junto con el trigo y el maíz. Casi el 50% de la población mundial, depende del arroz como parte importante de su dieta. En el Ecuador al año 2020, los 53,2 kilos por habitante de consumo anual definen la magnitud de su importancia frente a países vecinos como Colombia y Perú que consumen anualmente 40,0 y 47,4 kilogramos por habitante, respectivamente.

El arroz (*Oryza sativa L*), es la gramínea más consumida en el mundo por su alto contenido calórico, que lo ha llevado a constituirse en la columna vertebral de la economía de países que dependen directamente de su producción. Según la FAO, la producción mundial será de 514.9 mt, superado por el trigo con 757.4 mt (Sánchez 2020).

Martín *et al.* (2019) menciona que el arroz es uno de los cereales más antiguos que los agricultores cultivan bajo riego por más de cuatro mil años y es el alimento más importante en el mundo, resultando ser una fuente de alimento primario para más de un tercio de la población mundial.

Para Sánchez (2020): “Por sus características, el arroz puede ser cultivado en diferentes ambientes y zonas. En Ecuador, se realiza casi en su totalidad en el litoral, con 97% de la producción, distribuyéndose principalmente en tres provincias: Guayas, Los Ríos y Manabí”.

El aumento de la producción arrocera y sus rendimientos, la reducción

de los costos y satisfacción de las demandas de consumo son objetivos comunes de los productores e investigadores en la actualidad. Desde el 2000 hasta la actualidad, se abre camino la metodología conocida como sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA), que permite el trasplante con plántulas de ocho a 12 días de edad, máximo 15 días, a muy bajas densidades y con riegos intermitentes en las fases de crecimiento y madurez, e inundación solo en la fase reproductiva (Martín *et al.* 2019).

Iglesias y Batista (2018) informan que:

Uno de los problemas más serios para este cultivo en cualquier parte del mundo, son los agentes bióticos responsables de las enfermedades (bacterias, espiroplasmas, hongos, protozoarios, micoplasmas, nematodos y virus), los cuales influyen en la reducción de la producción y por ende la rentabilidad del productor dedicado a la siembra de la gramínea.

INIAP (2019) divulga que la planificación de la siembra se comienza con la selección de la variedad adecuada; esta debe tener buenas características agronómicas y resistencia a plagas y enfermedades. La cantidad de semilla varía de 60 a 100 kg/ha según el método de siembra. En verano se debe planear los riegos para saber el efecto y el consumo de agua de la planta. Además, se debe realizar un buen control de malezas ya que causan disminución de nutrientes para el cultivo, lo que se refleja en el rendimiento.

Carbay (2017) indica que:

El cultivo de arroz en Ecuador es considerado como uno de los elementos claves del sistema económico, social y en especial el agrícola, puesto que las hectáreas sembradas de esta gramínea supera a las superficies sembradas por el banano, cacao y otros cultivos de ciclo corto como el maíz. Sin embargo, el cultivo de arroz presenta algunas limitantes, entre estas se encuentra el problema del control de maleza.

El arroz (*Oryza sativa* L.) tiene la particularidad de ser una planta semi-acuática y se siembra tradicionalmente en inundación continua durante la mayor parte de su ciclo de crecimiento, se plantea que tiene relativamente pocas adaptaciones a las condiciones de agua limitada y es extremadamente sensible a la sequía (Ruiz *et al.* 2016).

Torres (2018) expone que:

El crecimiento de la población va unido a la necesidad de obtener provisiones de alimentos en el Ecuador y el mundo. Debido a esta ineludible realidad, en nuestro país se ha incrementado el interés por desarrollar nuevas variedades de arroz obtenidas por el INIAP, estas variedades presentan un alto potencial de rendimiento, pero es necesario que se las cultive según las técnicas recomendadas para lograr el máximo desarrollo de sus características genéticas.

2.1.2. 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 (Hernández *et al.* 2016).

Además, los mismos autores relatan que 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 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 coleoptilos.

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).

Los efectos de los brasinoesteroides con otras sustancias reguladoras del crecimiento vegetal hay características como: actividad con 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 (Hernández y García 2017).

Jordán y Casaretto (2016) mencionan que 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 cultivares 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 2017).

Los brasinoesteroides no causan deformaciones en las plantas y su efecto 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”. Los brasinoesteroides tienen baja toxicidad *vide post* (Cuenca *et al.* 2014).

Hernández y García (2016) señala que 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 2017).

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).

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)

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”.

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).

Marín (2022) sostiene que 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.

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).

Además, 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).

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 (Hernández y García 2017).

La aplicación de estimuladores de crecimiento vegetal, entre los que se encuentran los brasinoesteroides, con el objetivo de incrementar la calidad de las cosechas y sus rendimientos, es un aspecto, dentro de las investigaciones agrícolas, de gran importancia para la agricultura, por las

implicaciones de carácter social y económico que aportan (Núñez 2006).

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).

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 toxicológicos demuestran que estos compuestos no son genotóxicos, ni ecotóxicos y tampoco antígenotóxicos” (Hernández y García 2017).

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).

2.1.3. Brasinoesteroides en el cultivo de arroz

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 de arroz. 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.* 2017).

La germinación de las semillas de arroz 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 inhibidas en soluciones a determinadas concentraciones de estos productos (García *et al.* 2015).

Las aplicaciones de los brasinoesteroides han sido extensas y muy exitosas, se ha detectado en el cultivo de arroz 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. Sin embargo, en relación con el crecimiento de las raíces se han informado resultados contradictorios, encontrándose en algunos ensayos incrementos y en otra inhibición (García *et al.* 2015).

Se ha demostrado que la aplicación de brasinoesteroides a semillas redujo el impacto del estrés salino en la germinación, el crecimiento y metabolismo de plántulas de arroz. Estos efectos pueden ser de gran interés para la agricultura; por tal motivo, hace más de una década se han venido desarrollando diversos análogos, incluyendo los análogos espirostánicos de brasinoesteroides, con el propósito de reducir los costos de producción y lograr productos con una actividad biológica más estable a nivel de campo (Núñez 2006).

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).

Investigaciones señalan que la efectividad de los brasinoesteroides como estimulador del rendimiento agrícola en el cultivo del arroz, la dosis total de 50 mg.ha-1 fue la más efectiva en las dos campañas de siembra, siendo las mejores respuestas de las plantas en las fases de ahijamiento activo e inicio de paniculación, en seca, e inicio de paniculación y llenado del grano en lluviosa (Núñez 2012).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

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 la importancia de los brasinoesteroides en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en zona tropical.

2.3. RESULTADOS

Los resultados planteados son:

Faltan investigaciones desarrolladas con la aplicación de brasinoesteroides en otros cultivos, para determinar los efectos y la influencia de estos productos.

Los brasinoesteroides son considerados otra clase de hormonas vegetales, los mismos que aumentan la respuesta beneficiosa para los cultivos.

Al aplicar brasinoesteroides en el cultivo de arroz, se promueve el incremento de la producción y rentabilidad.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Entre lo propuesto se expresa:

No hay evidencia científica de la aplicación de brasinoesteroides en el cultivo de arroz, sin embargo, existen 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.

Los brasinoesteroides se puede llamar otra clase de hormonas vegetales que promueven beneficios importantes a los cultivos, ya que se dice que 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.

Al aplicar brasinoesteroides en el cultivo, se promueve el incremento de la producción y rentabilidad debido a que la utilización de reguladores de crecimiento, entre los que se puede destacar los brasinoesteroides, han demostrado optimizar en la cantidad y calidad 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 del producto como requerimiento esencial.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Por lo expuesto se concluye:

Son fitohormonas que han sido de gran utilidad para determinar las funciones, aunque falta de estudiar mucho sobre algunas de ellas. Los resultados previos del efecto de los brasinoesteroides en la inducción de la división celular seguramente nos lleven a nuevas áreas del conocimiento.

Los brasinoesteroides se han probado para evaluar su actividad promotora del crecimiento vegetal para la actividad de auxinas, giberelinas y citocininas, por lo tanto, pueden inducir la elongación como la división celular, lo que resulta en el crecimiento, engrosamiento y curvatura en coleótilos.

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas, especialmente en el cultivo de arroz, influyendo en la germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y en los procesos de maduración., especialmente para el crecimiento y desarrollo de las plantas, incrementando la tolerancia al estrés abiótico.

3.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

Aplicar brasinoesteroides en el cultivo de arroz, para estimular el crecimiento de las plantas de arroz.

Promover ensayos de campo sobre el uso de los brasinoesteroides en el cultivo de arroz en época seca y lluviosa.

Los brasinoesteroides pueden ser aplicados por la mañana para que las

respuestas fisiológicas promuevan el crecimiento de las plantas.

4. BIBLIOGRAFIA

- Cañarte Barrera, S. O., Cañarte Barrera, R. A. 2018. Efectos de la aplicación de Bioles en la producción de Cacao (*Theobroma Cacao*). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Carbay Espinoza, E. E. (2017). Efecto en el manejo de malezas y su impacto en la producción en el cultivo de arroz *Oryza sativa* L.
- Carbonell, L. S., Lara, I. C., Paredes, F. R. 2016. Los brasinoesteroides. *Revista Ciencia*. Pags 80 -86
- 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.
- Frausto Jaime, K. A. 2017. *Morfogénesis in vitro en las orquídeas Phalaenopsis spp.(Blume) y Cattleya sp.(Lindley)* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- 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.
- García, R. S., Rodríguez, M. A. C., & del Río, R. E. 2017. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 10(1): 18-27.
- Guerrero Loor, Fausto y Gerrón Reascos, José María. 2017. Análisis del desarrollo tecnológico y su incidencia en la productividad lechera en el

- cantón San Pedro de Huaca de la provincia del Carchi durante el periodo 2015-2016 (Master's thesis, Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Hernández Silva, E., García-Martínez, I. 2017. Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2): 441-450.
- 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.
- Iglesias, C., Batista, C. (2018). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 16-27.
- INIAP Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias, Guayaquil (Ecuador). (2019). Estación Experimental Boliche. Programa de Arroz. Manual para el manejo integrado del cultivo de arroz en el Ecuador.
- Jiménez, M. B. 2021. Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz: Importance of climate factors in rice crop. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1): 28-34.
- 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*.
- Marín 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).
- Martín, Y., Rodríguez, Y. E., Morejón, R., Soto, F. (2019). El sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA) disminuye la cantidad de semillas para la siembra, aumenta los rendimientos agrícolas y ahorra el agua de riego. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00-00.
- Mendoza Avilés, H. E., Loo Bruno, Á. C., Vilema Escudero, S. F. 2019. El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1): 324-330.
- Núñez, M., Mazorra, L. M., Martínez, L., González, M. C., & Robaina, C. (2006). Influencia de la 24-epibrasinólida y un análogo espirostánico de

- brasinoesteroides en el crecimiento de plántulas de dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en medio salino. *Cultivos Tropicales*, 27(1), 75-82.
- Núñez, M. 2012. Reseña bibliográfica. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 20(3), 63-72.
- Ramos Gamiño, F. 2016. *Maíz, trigo y arroz: los cereales que alimentan al mundo* (No. 5). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Reyes Palma, J. D. 2018. "Rentabilidad de la producción agrícola del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Los Ríos". Babahoyo: UTB.
- Reyes, Y., Mazorra, LM, Núñez, M. 2017. Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la tolerancia del arroz al estrés salino y su relación con los brasinoesteroides. *Cultivos tropicales*, 29 (4): 67-75.
- Ruiz-Sánchez, M., Muñoz-Hernández, Y., Polón-Pérez, R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 178-186.
- Sánchez, V., García, G., Cadena, D., Lerner, S., Espinoza, F., Beltrán, F. (2020). Control químico de malezas en fincas de arroz (*Oryza sativa* L.), en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(2), 66-79.
- Sosa-Montes, E., Sosa-Montes, E., Pro-Martínez, A., Irizar-Garza, M. B., Mendoza-Pedroza, S. I., Sánchez-Olguín, J., & Alejos-de la Fuente, J. I. 2021. Caracterización química de tres genotipos de canola (*Brassica napus* L.) producidos con y sin aplicación de brasinoesteroides. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4-A): 723-723.
- 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.
- Torres Mata, R. A. (2018). *Evaluación Agronómica de cinco variedades de Arroz (*Oryza sativa* L) a dos distancias en Siembra Directa bajo el Sistema de Cultivo en Secano en la comunidad de Nushino Ishpingo del cantón Arajuno, provincia de Pastaza* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Zambrano, C. E., Andrade Arias, M. S., Carreño Rodríguez, W. V. (2019). Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 270-277.