

# **UNEMI**

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

**REPÚBLICA DEL ECUADOR**

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**FACULTAD DE POSGRADOS**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**

**TEMA:**

**Estudio del Uso de los Principales Reguladores de Crecimiento:**

**Citoquininas, Auxinas y Giberelinas en las Plantas. Un estudio bibliométrico.**

**AUTOR:**

**Carlos Humberto Reyes Vera**

**Fernanda Justine Quinteros Cevallos**

**TUTOR:**

**Ignacio Cando PhD**

*Milagro, 2023*

## Derechos de Autor

**Sr. Dr.**

**Fabricio Guevara Viejó**

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **Carlos Humberto Reyes Vera y Fernanda Justine Quinteros Cevallos**, en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de nuestro Grado, de **Magíster en Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación **Innovación tecnología en procesos de producción agropecuaria** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **1 de julio del 2024**



---

**Carlos Humberto Reyes Vera**

**C.I.: 0803524537**



---

**Fernanda Justine Quinteros Cevallos**

**C.I.: 0803419787**

## **Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación**

Yo, Manuel Ignacio Cando Díaz, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por Carlos Humberto Reyes Vera y Fernanda Justine Quinteros Cevallos, cuyo tema es Estudio del uso de los principales reguladores de crecimiento: Citoquininas, Auxinas y Giberelinas en las plantas. Un estudio bibliométrico, que aporta a la Línea de Investigación Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria, previo a la obtención del Grado Magíster en Biotecnología. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

**Milagro, 1 de julio del 2024**



Firmado electrónicamente por  
MANUEL IGNACIO  
CANDO DIAZ

---

**Ing. Manuel Ignacio Cando Díaz, MSc.**  
**C.I.: 0017443020**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING REYES VERA CARLOS HUMBERTO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "ESTUDIO DEL USO DE LOS PRINCIPALES REGULADORES DE CRECIMIENTO: CITOQUININAS, AUXINAS Y GIBERELINAS EN LAS PLANTAS. UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	57.65
SUSTENTACIÓN	40.00
PROMEDIO	97.65
EQUIVALENTE	Excelente



DELIA DOLORES  
NORIEGA VERDUGO

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



DENNY WILLIAM  
MORENO CASTRO

Mgs MORENO CASTRO DENNY WILLIAM  
VOCAL



KATHERINE LISSETTE  
ROMERO VASQUEZ

Mgs ROMERO VASQUEZ KATHERINE LISSETTE  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING QUINTEROS CEVALLOS FERNANDA JUSTINE**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "ESTUDIO DEL USO DE LOS PRINCIPALES REGULADORES DE CRECIMIENTO: CITOQUININAS, AUXINAS Y GIBERELINAS EN LAS PLANTAS. UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	57.65
SUSTENTACIÓN	40.00
PROMEDIO	97.65
EQUIVALENTE	Excelente



DELIA DOLORES  
NORIEGA VERDUGO

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



DENNY WILLIAM  
MORENO CASTRO

Mgs MORENO CASTRO DENNY WILLIAM  
VOCAL



KATHERINE LISSETTE  
ROMERO VASQUEZ

Mgs ROMERO VASQUEZ KATHERINE LISSETTE  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

## Resumen

Los reguladores de crecimiento vegetal, como citoquininas, auxinas y giberelinas, desempeñan un papel crucial en la agricultura y la investigación científica a nivel mundial. Estas hormonas vegetales son fundamentales para el desarrollo y la productividad de las plantas, impactando directamente en la eficiencia agrícola y en la seguridad alimentaria global. A lo largo de las décadas, se generó un volumen considerable de literatura científica sobre estos reguladores, reflejo de su importancia y las múltiples aplicaciones en diversas áreas de la biología vegetal y la agronomía. Sin embargo, a pesar de la abundancia de estudios, existe una necesidad crítica de sintetizar esta información de manera sistemática para proporcionar una visión integral y actualizada de su aplicación y sus efectos en el desarrollo de las plantas. Un estudio bibliométrico sobre el uso de los principales reguladores de crecimiento en las plantas vincula métodos estadísticos y resulta vital para la divulgación del conocimiento científico. Para el análisis de la información se utilizaron software como el EndNote Online, que es uno de los gestores bibliográficos que permite organizar, buscar y compartir referencias bibliográficas en los trabajos académicos, Excel 2016, Pajek y vosviewer 1.6.8. También el análisis bibliométrico se desarrolló a través de Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017), que es un código abierto desarrollado en el lenguaje R.

Este estudio deja entrever que en los últimos 3 años existe un incremento de las publicaciones relacionadas con esta temática, resultado de la importancia que cobran los cultivos y su optimización en la economía y la productividad de los mismos. En todas las áreas del conocimiento hay publicaciones científicas, pero los trabajos relacionados con las ciencias de la vida y la biomedicina son los que predominan. No hay coincidencias en los autores que aparecen en la muestra seleccionada y el máximo de los mismos en las publicaciones oscila entre 4 y 6, siendo común en esta clase de publicaciones científicas. Las instituciones editoriales que más han publicado sobre esta temática son Multidisciplinary Digital.

Publishing Institute (MDPI) y Elsevier B.V. El idioma que predomina en su totalidad en la muestra de 396 artículos es el inglés y el país que lidera este campo temático es China existiendo una representación escasa de los países de América Latina.

**Palabras clave:** auxina, citoquininas, giberelinas, fitohormona, hormonas vegetales y etileno.

## Abstract

Plant growth regulators, such as cytokinins, auxins and gibberellins, play a crucial role in agriculture and scientific research worldwide. These plant hormones are essential for the development and productivity of plants, directly impacting agricultural efficiency and global food security. Over the decades, a considerable volume of scientific literature on these regulators was generated, reflecting their importance and multiple applications in various areas of plant biology and agronomy. However, despite the abundance of studies, there is a critical need to synthesize this information systematically to provide a comprehensive and up-to-date view of its application and effects on plant development. A bibliometric study on the use of the main growth regulators in plants links statistical methods and is vital for the dissemination of scientific knowledge. To analyze the information, software such as EndNote Online was used, which is one of the bibliographic managers that allows organizing, searching and sharing bibliographic references in academic works, Excel 2016, Pajek and vosviewer 1.6.8. The bibliometric analysis was also developed through Bibliometrix (Aria and Cuccurullo, 2017), which is an open code developed in the R language.

This study suggests that in the last 3 years there has been an increase in publications related to this topic, a result of the importance of crops and their optimization in the economy and their productivity. There are scientific publications in all areas of knowledge, but works related to life sciences and biomedicine predominate. There are no coincidences in the authors that appear in the selected sample and the maximum of them in the publications ranges between 4 and 6, being common in this type of scientific publications. The publishing institutions that have published the most on this topic are Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) and Elsevier B.V. The language that predominates in its entirety in the sample of 396 articles is English and the country that leads this thematic field is China, with a scarce representation of Latin American countries.

**Keywords:** auxin, cytokinins, gibberellins, phytohormone, plant hormones and ethylene

UNEMI

## Lista de Figuras

<u>Figura 1. Crecimiento de publicaciones por periodo.....</u>	40
<u>Figura 2. Crecimiento de número de publicaciones científicas a través del tiempo.....</u>	40
<u>Figura 3. Publicaciones por países .....</u>	42
<u>Figura 4. Parcela de 3 campos de la producción científica: AUTORES, PAÍSES, PALABRAS CLAVES .....</u>	42
<u>Figura 5. Artículos más relevantes de acuerdo al número de citasiones .....</u>	44
<u>Figura 6. Productividad por Editorial.....</u>	45
<u>Figura 7. Productividad por área temática .....</u>	47
<u>Figura 8. Productividad por palabra clave.....</u>	48

## Lista de Tablas

Figura 1. Crecimiento de publicaciones por periodo .....	40
Figura 2. Crecimiento de número de publicaciones científicas a través del tiempo ....	40
Figura 3. Publicaciones por países .....	42
Figura 4. Parcela de 3 campos de la producción científica: AUTORES, PAÍSES, PALABRAS CLAVES .....	42
Figura 5. Artículos más relevantes de acuerdo al número de citas .....	44
Figura 6. Productividad por Editorial.....	45
Figura 7. Productividad por área temática .....	47
Figura 8. Productividad por palabra clave.....	48

## Lista de Anexos

Anexo 1. Gráfico de producción anual científica del tema .....	61
Anexo 2. Promedio de citas de literatura científica por año.....	61
Anexo 3. Fuentes más relevantes .....	61
Anexo 4. Autores más relevantes .....	62
Anexo 5. Países de los autores .....	63
Anexo 6. Documentos más citados en todo el mundo .....	63
Anexo 7. Palabras más frecuentes.....	63
Anexo 8. Mapa temático por palabras claves.....	64
Anexo 9. Frecuencia de palabras a lo largo del tiempo.....	64
Anexo 10. Temas en tendencia .....	65

## Índice / Sumario

Introducción .....	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación.....	3
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Delimitación del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Formulación del problema.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Preguntas de investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5.1 Objetivo general .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>7</b>
<b>1.7. Justificación.....</b>	<b>7</b>

1.8. Declaración de las variables (Operacionalización) .....	8
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial .....	9
2.1. Antecedentes Referenciales.....	9
2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación.....	11
2.2.1 Fitohormonas u hormonas vegetales.....	11
2.2.2 Características de las fitohormonas.....	12
2.2.3 Clasificación de fitohormonas.....	13
2.2.4 Auxinas.....	13
2.2.5 Citoquininas.....	14
2.2.6 Giberelinas.....	15
2.2.7 Ácido Abscísico.....	16
2.2.8 Ácido Salicílico.....	17
2.2.9 Poliaminas.....	17
2.2.10 Ácido Jasmónico.....	18
2.2.11 Brasinoesteroides.....	18
2.2.12 Etileno.....	19
2.2.13 Estrigolactonas.....	19
2.2.14 Mecanismos de acción de las citoquininas, auxinas y giberelinas.....	20
2.2.15. Efectos fisiológicos de las citoquininas, auxinas y giberelinas.....	20
2.2.16 Aplicaciones fitohormonas biología vegetal.....	21
2.2.17 Aplicaciones agrícolas y biotecnológicas.....	22
2.2.18 Agricultura sostenible y uso de fitohormonas.....	23

<b>2.2.19 Control de malezas y plagas por fitohormonas.....</b>	24
<b>2.2.20 Bibliometría.....</b>	24
<b>2.2.21 Métodos y herramientas de bibliometría.....</b>	25
<b>2.2.22 Adquisición de datos .....</b>	29
<b>CAPÍTULO III: Diseño Metodológico .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2. La población y la muestra.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3. Los métodos y las técnicas .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4. Procesamiento estadístico de la información.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1. Análisis e Interpretación de Resultados.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.2 Productividad por período .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.3 Productividad por países que lideran este campo.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.4. Artículos más relevantes .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.7 Búsqueda por términos clave.....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1. Discusión .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2. Conclusiones.....</b>	<b>52</b>
<b>5.3. Recomendaciones.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>60</b>

## Introducción

Las fitohormonas juegan un rol fundamental en las respuestas fisiológicas de las plantas. Son compuestos químicos, que intervienen a nivel molecular y generan respuestas sobre desarrollo y productividad de las diversas especies vegetales (Anfang & Shani, 2021).

Entre las principales fitohormonas se logran identificar las citoquininas, auxinas y giberelinas, las cuales actúan de formas distintas en el crecimiento vegetal. Por un lado, se ha establecido que las citoquininas logran intervenir en procesos de la división celular y permiten el retardo del envejecimiento de las hojas de las plantas, con respecto a las auxinas estas se encuentran implicadas en procesos de diferenciación celular, lo que genera la formación y raíces y brotes, las giberelinas logran un efecto de elongación en los tallos y pueden lograr que las semillas germinen (Buttò et al., 2020)

La biotecnología y sus técnicas de análisis molecular han tenido un impacto positivo en el estudio de estas fitohormonas, se ha logrado describir de manera exhaustiva los mecanismos de acción de las mismas, los cuales han permitido la manipulación genética de las plantas, logrando mejorar sus características morfológicas, aumentar su resistencia a condiciones adversas, elevar su rendimiento, generando así un aumento en la calidad de las cosechas y promoviendo prácticas de ganaderas más eficientes y sostenibles (Paladines et al., 2019).

Ecuador es un país que tiene una gran biodiversidad y se caracteriza por una dependencia de la agricultura como una de sus principales fuentes de ingreso económico, exportan cultivos como banano, cacao, flores. Los usos de estos reguladores de crecimiento podrían ser beneficiosos, notando incrementos en la productividad de los cultivos (Orejuela, Landázuri & Goodell, 2021).

El estudio del uso de estas fitohormonas en el crecimiento vegetal ha levantado un gran interés en la comunidad científica, en la cual se han generado un sin número de

investigaciones alrededor de esta temática, lo que ha facilitado el desarrollo de técnicas analíticas y experimentales. Este crecimiento a nivel científico puede ser cuantificado a través de estudios bibliométricos (Asuncion et al.,2021).

La bibliometría como apoyo de la ciencia, permite un análisis cuantitativo de la producción literaria del tema de interés. La búsqueda y análisis de las producciones científicas son el eslabón principal cuando se inicia un proceso de investigación, utilizar técnicas bibliométricas permite visualizar el estado del arte con respecto a la temática de interés (Caputo & Kargina, 2022).

La bibliometría es una herramienta que permite evaluar la actividad científica. Utiliza métodos matemáticos estadísticos para lograr proporcionar una visión global del estado actual sobre las fitohormonas, analizando las tendencias, patrones emergentes, evolución en el tiempo, destacando su potencial para futuras investigaciones (Farooq, 2023).

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico con respecto al uso de citoquininas, auxinas y giberilinas en el crecimiento vegetal, para lograr especificar los patrones emergentes, áreas de desarrollo, colaboraciones científicas, y así especificar futuras áreas de desarrollo en el estudio de estas fitohormonas en el Ecuador. Para ello se utilizará una base de datos descargada de SCOPUS, a través de una metodología PRISMA se excluyeron los artículos que no eran de interés, resultando en 396 artículos que se relacionan con la temática y luego ser procesados en Bibliometrix.

## CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

### 1.1. Planteamiento del problema

Los reguladores de crecimiento vegetal, como citoquininas, auxinas y giberelinas, desempeñan un papel crucial en la agricultura y la investigación científica a nivel mundial. Estas hormonas vegetales son fundamentales para el desarrollo y la productividad de las plantas, impactando directamente en la eficiencia agrícola y en la seguridad alimentaria global. A lo largo de las décadas, se ha generado un volumen considerable de literatura científica sobre estos reguladores, reflejando su importancia y las múltiples aplicaciones en diversas áreas de la biología vegetal y la agronomía. Sin embargo, a pesar de la abundancia de estudios, existe una necesidad crítica de sintetizar esta información de manera sistemática para proporcionar una visión integral y actualizada de su aplicación y sus efectos en el desarrollo de las plantas

América Latina, una región rica en biodiversidad y con una fuerte dependencia de la agricultura, contribuye significativamente a la investigación sobre reguladores de crecimiento vegetal. Sin embargo, esta contribución está fragmentada y no se ha compilado de manera exhaustiva. A pesar del creciente número de estudios que se realizan en países latinoamericanos sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas, falta una visión comprehensiva que analice las tendencias, co-ocurrencias y colaboraciones existentes dentro de la región. Los estudios individuales, aunque valiosos, a menudo no proporcionan una visión integrada de cómo se están desarrollando estas investigaciones, cuáles son las metodologías predominantes y qué redes de colaboración se están formando entre diferentes países e instituciones en América Latina. Un análisis bibliométrico detallado puede llenar este vacío gnoseológico, permitiendo a los investigadores y profesionales del sector entender mejor el panorama general y las dinámicas de investigación en esta región.

Por tal motivo, este estudio se propone realizar un análisis bibliométrico exhaustivo de la literatura científica relacionada con el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en las plantas en Ecuador.

Ecuador, con su diversidad ecológica y agrícola, ofrece un contexto único para el estudio de los reguladores de crecimiento vegetal. Sin embargo, la investigación en este ámbito no siempre se ha documentado y analizado de manera integral.

Este análisis se centrará en identificar patrones emergentes, áreas de investigación subdesarrolladas y posibles direcciones futuras para la investigación en Ecuador. Mediante la utilización de herramientas bibliométricas, se espera proporcionar una perspectiva tanto cuantitativa como cualitativa sobre las investigaciones actuales, destacando las áreas más activas y las posibles colaboraciones futuras.

Este enfoque permitirá no solo una mejor comprensión del estado actual de la investigación en este ámbito, sino también la identificación de oportunidades para avanzar en el conocimiento y la aplicación de estos reguladores de crecimiento en la biología y la agricultura del país.

## **1.2. Delimitación del problema**

La delimitación del problema incluye varios aspectos que restringen el alcance de la investigación. Se limitará el análisis a los estudios científicos publicados en los últimos 10 años, para así garantizar la relevancia y actualidad de los datos examinados.

Se buscará información en fuentes académicas reconocidas, como revistas científicas indexadas y bases de datos especializadas, para lograr asegurar la fiabilidad de los datos recopilados.

La investigación se centrará principalmente en la recolección de datos de investigaciones experimentales y de campo que aborden el uso de citoquininas, auxinas y

giberelinas en plantas, logrando así obtener información más concreta sobre la aplicación práctica de los reguladores de crecimiento en la agricultura y la horticultura.

Asimismo, los estudios analizados serán aquellos que se hayan publicado en idiomas: inglés y español. Estas delimitaciones permitirán enfocar la investigación de manera efectiva y garantizar la coherencia y relevancia de los resultados obtenidos.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cuáles son las tendencias, enfoques, áreas de investigación más activas determinadas y aplicaciones en el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas como reguladores de crecimiento en plantas?

Un análisis bibliométrico logrará abordar esta problemática, logrando dar una visión general cuantitativa y cualitativa alrededor de la producción científica que se ha generado sobre las distintas fitohormonas alrededor de este periodo. Proporcionando una visión compleja de la producción científica, el estado del conocimiento, aplicaciones que se han dado para el uso de estas hormonas vegetales, países que lideran las investigaciones y áreas de mayor interés

### **1.4. Preguntas de investigación**

¿Cuál ha sido el comportamiento a través del tiempo de la producción científica acerca del uso de citoquininas, auxinas y giberelinas?

¿Cuáles son los países que han liderado las investigaciones sobre estas fitohormonas?

¿Qué revistas científicas han promovido investigaciones alrededor de esta temática?

¿Cómo se ha distribuido la producción científica alrededor de las distintas áreas (Biología vegetal, agrícola, fisiología)?

¿Cuáles son las instituciones académicas con mayor número de investigaciones sobre estas fitohormonas?

¿Qué términos claves son los que se presentan con mayor frecuencia en las investigaciones sobre citoquininas, auxinas y giberelinas?

¿Qué áreas geográficas tienen una baja incidencia en investigaciones referente a esta temática?

¿Cuál ha sido la evolución del impacto de la redacción científica de esta temática en términos de citas y reconocimiento?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Realizar un análisis bibliométrico que permita obtener información cuantitativa de la literatura científica existente sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas como reguladores de crecimiento en las plantas, identificando tendencias, patrones, tendencias, evolución temporal, para determinar futuras áreas de desarrollo en el campo de los reguladores de crecimiento vegetal.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Recopilar literatura científica sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas como reguladores de crecimiento de la base de datos SCOPUS en un periodo de tiempo determinado
- Realizar un análisis bibliométrico de la literatura recolectada y filtrada, identificando la cantidad y calidad de artículos recolectados.
- Determinar la distribución geográfica de la producción científica e identificar posibles diferencias regionales sobre el estudio de estas fitohormonas.
- Analizar tendencias alrededor del uso de fitohormonas vegetales para futuras investigaciones en el ámbito agrícola.

## **1.6. Hipótesis**

El número de publicaciones científicas y la diversidad de investigaciones sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en plantas muestra un crecimiento significativo en el período 2020-2023 y se diversifican las temáticas, impulsada por colaboraciones internacionales y el apoyo de instituciones de investigación de alto perfil. Esta afirmación se basa en las observaciones preliminares y en la variedad de temas de los artículos extraídos de Scopus.

## **1.7. Justificación**

La investigación realizada se justifica debido a la necesidad inherente de lograr comprender el estado actual en el que se encuentra el conocimiento tipo científico referente al uso de citoquininas, auxinas y giberelinas para el crecimiento celular vegetal.

El estudio de estas fitohormonas permite tener una mejor comprensión sobre los mecanismos de crecimiento vegetal, mediante el uso de estas fitohormonas es posible regular la división celular de las plantas, diferenciación celular, regular las respuestas a estrés de las plantas, esto permite que surjan avances referentes al lado agrícola utilizando estos reguladores de crecimiento vegetal a nivel de mejora de productividad y calidad de los cultivos. La comprensión del funcionamiento de estos reguladores en la investigación científica puede proporcionar información valiosa para optimizar su uso en la agricultura, esto permitirá enfrentar los distintos desafíos que se presentan.

Asimismo, en esta investigación se plantea lograr identificar áreas de investigación prioritarias a través de un análisis exhaustivo de la literatura científica. Estas tendencias, lagunas de conocimiento y áreas de investigación prometedoras, puede orientar la dirección de futuras investigaciones en este campo, contribuyendo así al desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la agricultura y la biotecnología vegetal.

En consecuencia, este estudio bibliométrico no solo aspira a generar conocimiento académico sino también a ofrecer una herramienta práctica para investigadores y formuladores de políticas interesados en el estudio de los reguladores de crecimiento vegetal, proporcionando una síntesis comprensiva de la literatura existente. Los resultados obtenidos pueden servir como base para la toma de decisiones informadas y la asignación eficiente de recursos en el ámbito científico y agrícola, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria a nivel global.

### **1.8. Declaración de las variables (Operacionalización)**

#### **Variable independiente**

Uso de citoquininas, auxinas y giberelinas para crecimiento vegetal

#### **Variables dependientes:**

- Distribución geográfica
- Áreas temáticas de investigación
- Numero de publicaciones
- Citas de las publicaciones
- Impacto de las revistas
- Enfoques metodológicos

## CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

### 2.1. Antecedentes Referenciales

A lo largo de las décadas, el estudio de los reguladores de crecimiento vegetal, tales como citoquininas, auxinas y giberelinas han sido de alto interés para el sector agrícola, por su inherencia en el crecimiento de distintas especies vegetales. Han sido caracterizadas como factores claves para el desarrollo fisiológico y metabólico de las plantas.

Se dice que uno de los ensayos más antiguos sobre crecimiento vegetal implicó estudios sobre la biología y mecanismos de acción de las auxinas, las primeras hormonas vegetales en ser descubiertas. El primer indicio de su existencia se derivó de experimentos realizados por Darwin, quien analizó los efectos de una sustancia hipotética presente en el ápice de coleoptilos de avena sobre el crecimiento de plántulas hacia una señal de luz (El coleoptilo corresponde a una estructura “tubular” semejante a una hoja hueca que envuelve y protege a la plúmula durante los primeros estados de desarrollo en gramíneas (Jordán, 2006).

Las giberelinas fueron aisladas por primera vez en 1930, y fueron descritas como fitohormonas promotoras del crecimiento de tallos, además de promover la floración y fructificación. Luego, Mok & Mok (2001) determinaron que las citoquininas fueron descubiertas en la década de los 50 y han sido identificadas como hormonas responsables de la división celular y la estimulación de la formación de brotes laterales. Finalmente, las auxinas fueron descubiertas en el siglo XX y se determinó que estaban involucradas en la regulación y elongación celular, formación de raíces y la dominancia apical (Teale *et al.*, 2006).

La presencia de hormonas en diferentes niveles en las plantas y sus células, permite que estas desarrollen caminos morfogénicos alternativos muy distintos, los cuales pueden darse todos de acuerdo al grado de ontogenia. De ahí la importancia del tratamiento de esta temática y su estudio. (Jordán, 2016).

De manera que, las células vegetales que cuentan con núcleo y tienen un grado de diferenciación relativo, pueden bajo ciertas condiciones revertir a su estado meristemático y expresar luego diferentes respuestas conducentes todas a la generación de órganos y plantas. Se trata de células totipotentes. Esta propiedad se ha usado en ciencia y tecnología lo que permite regenerar plantas fértiles en forma masiva *in vitro* a partir de células y a la vez, lograr los avances en ingeniería genética. Con ello se han generado plantas modificadas a partir de células que han recibido y codificado positivamente nuevos genes insertos que se expresan en plantas viables y son reproducibles genéticamente y fielmente en el tiempo, mediante el potencial de la biotecnología derivada de la totipotencia celular vegetal (Jordáa, 2022).

A nivel mundial, existe un sin número de investigaciones alrededor del uso de citoquininas, auxinas y giberelinas. La biotecnología y la biología molecular ha permitido conocer con mayor precisión los mecanismos de acción de estas hormonas en plantas. Han surgido estudios referentes a la señalización de vías de las auxinas, esto ha revelado su complejo sistema de transporte y el efecto que estas causan como es el desarrollo de raíz y el brote (Leyser, 2018). En Estados Unidos las citoquininas han cumplido un rol fundamental en el crecimiento de sus cultivos de trigo y en Japón en los cultivos de arroz, a través de su uso se ha promovido la formación de yemas y una retraso en su senescencia (Hirose et al., 2007) (Jameson y Song, 2016). Por otro lado, en Europa, las auxinas son utilizadas para el desarrollo en propagación de cultivos hortícolas (Taiz & Zeiger, 2010).

Ha existido un crecimiento en América Latina sobre investigaciones referentes a estas fitohormonas. Países de la región como Argentina, Brasil y México se encuentran a la vanguardia en el uso de estas fitohormonas para el crecimiento vegetal. En Argentina se realizó una investigación en la cual el uso de giberelinas mejoraban el tamaño de los frutos en una producción de manzanas y peras, además de generar frutos de una calidad superior (Bonomelli et al., 2018).

Ecuador es una zona que está ingresando de manera reciente en esta temática en comparación con otras regiones, sin embargo, al ser un país agricultor, en el cual la agricultura hace parte de sus principales pilares referentes a la economía, se ha evidenciado un interés creciente entorno al uso de estas fitohormonas, al prometer ser una alternativa para mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos. Investigaciones realizadas por el INIAP ( Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) determinaron que el tratamiento de especies vegetales con auxinas, ayudan en la formación y supervivencia de plántulas (INIAP,2018). La floricultura se encuentra generando experimentos con el uso de citoquininas en rosas, estas investigaciones han arrojados resultados de mejora en la cantidad y calidad de las rosas (Paladines et al., 2019).

Los antecedentes expuestos muestran un panorama global de cómo se ha ido desarrollando el uso de estas fitohormonas, en las que han arrojado resultados que el uso de las mismas interviene en la mejora de la calidad y productividad de los cultivos. Ecuador aunque se encuentra en inicios en estos temas, se han generado progresos visibles que demuestran el potencial de esas hormonas vegetales. La comprensión global sistemática de la literatura científica sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas, a través del análisis bibliométrico proporciona una base sólida para el desarrollo de la agricultura en el país.

## **2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación**

### **2.2.1 Fitohormonas u hormonas vegetales**

Son moléculas que se producen a nivel celular y actúan como reguladores internos de crecimiento. Se encuentran inmiscuidas en una serie de procesos que dan respuestas una serie de respuestas a nivel fisiológicas (Asunción et al., 2021).

Las fitohormonas han sido objeto de estudio y descubrimiento a lo largo del tiempo, y cada una tiene su propia historia. Las primeras investigaciones y menciones sobre las fitohormonas, como las auxinas, las citoquininas y las giberelinas, datan de principios del

siglo XX. Sin embargo, el concepto moderno de fitohormonas y su papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas comenzó a consolidarse en la década de 1920 y 1930 (Borjas *et al.* 2020).

### 2.2.2 Características de las fitohormonas

Alcántara et al. (2019) explican que para mantener la homeostasis intracelular y extracelular, las plantas necesitan reguladores hormonales que controlan toda la actividad metabólica. De acuerdo con su estructura química, cada fitohormona realiza diferentes interacciones para realizar sus funciones. Las auxinas, giberelinas y citoquininas son las fitohormonas principales utilizadas para el crecimiento vegetal. Tenemos las siguientes características:

- Las características más relevantes de las auxinas incluyen su capacidad para promover la división celular en cultivos de callos (conjunto de células no diferenciadas producidas por el exceso de auxina en el ambiente vegetal) en presencia de citoquininas, promover la formación de diferentes raíces adventicias en tejidos de hojas y tallos recién cortados y promover la formación y elongación de tallos a nivel vegetal.
- El ácido indol acético (AIA) de la familia de las auxinas, presenta características sobre el incremento de la permeabilidad celular, es producida por ciertos microorganismos con la capacidad de metabolizar L-triptófano, incrementa el contenido osmótico en las células, disminuye la presión de la pared celular vegetal, incrementa la síntesis de la pared celular, induce la producción de proteínas, induce la producción del sistema radicular vegetal y la dominancia apical
- El ácido giberélico (GA3) que es parte de la familia de las giberelinas, estimula la elongación celular en respuesta a las condiciones de luz y oscuridad, desempeña un papel importante en el alargamiento de los segmentos nodales. Adicionalmente, es muy importante

para los procesos de iniciación de la floración, lo que es extremadamente importante para la fertilidad de las plantas masculinas y femeninas.

- Debido a su alta complementariedad en la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, el efecto de las citoquininas en el sistema vegetal casi siempre se acompaña de la presencia de auxinas. Por lo tanto, una concentración similar de la relación auxina-citoquina puede inducir la proliferación de células no diferenciadas (meristemos o callos vegetales), mientras que una mayor concentración de auxina puede generar un aumento en la producción de raíces, también pueden inducir a un aumento de yemas.

### **2.2.3 Clasificación de fitohormonas**

En total, se han identificado nueve grupos principales de fitohormonas: auxinas, giberelinas (GA), citoquininas (CK), brasinosteroides (BR), estrigolactonas (SL), etileno, ácido abscísico (ABA), jasmonatos (JA) y ácido salicílico (SA). Estas sustancias desempeñan un papel crucial en una amplia gama de procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas, que incluyen la elongación y división celular, formación de raíces y brotes, floración y maduración de frutos. Cada grupo tiene funciones específicas y se sintetiza en diferentes partes de la planta. Estas fitohormonas interactúan entre sí para coordinar el crecimiento y desarrollo de la planta, asegurando su adaptación al entorno y su supervivencia (Fichet, 2017, p.6).

La fisiología vegetal, la biología molecular y la biotecnología juegan un papel fundamental en el entendimiento del funcionamiento de las hormonas vegetales. Las principales fitohormonas reguladoras del crecimiento y el desarrollo de las plantas, según (Alcántara *et al.*) son:

### **2.2.4 Auxinas**

Auxinas: promueven el alargamiento celular, la diferenciación de tejidos y la formación de raíces. También son responsables de varios procesos importantes, como la

dominancia apical (supresión del crecimiento de los brotes laterales por el brote principal), el fototropismo (curvatura del tallo hacia la luz) y el gravitropismo (respuesta al sentido de la gravedad). La auxina más comúnmente estudiada es el ácido indolacético (AIA), pero existen otras formas de auxinas en las plantas.

Uno de los ensayos más antiguos sobre crecimiento vegetal implicó estudios sobre la biología y mecanismos de acción de las auxinas, las primeras hormonas vegetales en ser descubiertas. El primer indicio de su existencia se derivó de experimentos realizados por Darwin quien analizó los efectos de una sustancia hipotética presente en el ápice de coleoptilos de avena sobre el crecimiento de plántulas hacia una señal de luz (El coleoptilo corresponde a una estructura “tubular” semejante a una hoja hueca que envuelve y protege a la plúmula durante los primeros estados de desarrollo en gramíneas).

Más tarde los ensayos de Boysen-Jensen (en 1913) y Paál (en 1919) también en coleoptilos, llevaron a postular la presencia de sustancias que serían transportadas de forma polarizada desde el ápice del coleoptilo hacia la base de éste para provocar la respuesta fototrópica de la planta. Estas pruebas culminaron con los experimentos de Fritz Went en 1926 o 1928, quien aisló esta “sustancia promotora de crecimiento” desde los ápices, la transfirió a trozos de agar y la aplicó de esta manera a coleoptilos decapitados induciendo la curvatura en respuesta al posicionamiento de la auxina, sin mediar una señal lumínica. El término auxina, proviene del griego “auxein” significa “crecer”, que fue aplicado pocos años después por Kögl y Haagen-Smith al examinar una sustancia promotora de crecimiento vegetal presente en orina humana, pero de estructura diferente a la hormona vegetal. La hormona vegetal fue luego aislada desde maíz y hongos e identificada más tarde como ácido indol-3- acético (Ombrosi, 2023).

### 2.2.5 Citoquininas

Citoquininas: Estimulan la división celular y promueven el crecimiento de brotes

laterales y la formación de cloroplastos. También tienen un papel en la retención de clorofila y la prevención de la senescencia de las hojas. Las citoquininas pueden interactuar con las auxinas para regular el crecimiento y el desarrollo de las plantas, especialmente en la formación de brotes laterales y en la dominancia apical. Trabajan en conjunto con las auxinas para mantener un equilibrio en el crecimiento y el aumento de la división celular.

Las citoquininas fueron descubiertas en la década de 1950 por el científico estadounidense Miller y sus colegas mientras investigaban sustancias que estimulaban la división celular en cultivos de tejidos vegetales. El término "citoquinina" fue propuesto por Skoog y colaboradores en 1955. Su efecto hormonal fue visualizado rápidamente al inducirse, en compañía de auxina, diferentes tipos de morfogénesis en tejidos de tabaco y de otras especies bajo condiciones *in vitro*. Un alto nivel de citocinina vs. auxina provocaba la formación de brotes en tejidos derivados de explantes de médula, mientras que con niveles bajos de citocininas y/o conjuntamente niveles altos de auxina, se observaba la formación de masas celulares no organizadas (callos) y la formación de raíces con gradientes mayores de auxina (Skoog & Miller 1965). Posteriormente se descubrió la existencia natural de citocininas en diferentes especies (como también en procariontes) siendo la zeatina, inicialmente hallada en semillas de maíz (*Zea mays*) la más frecuente y abundante, junto a su ribósido (Letham 1973). Junto a la zeatina se detectaron otros compuestos de acción semejante en el endosperma líquido de coco o "agua de coco" (Caplin & Steward 1948).

### **2.2.6 Giberelinas**

Giberelinas: A bajas concentraciones promueven el alargamiento celular. Regulan el crecimiento de los tallos, así como la germinación de semillas. En ciertas condiciones, pueden inhibir la dominancia apical, permitiendo que los brotes laterales se desarrollen más. También están involucradas en la floración, la formación de frutos y otros aspectos del desarrollo vegetal. Las giberelinas pueden interactuar con otras fitohormonas, como las

auxinas y el ácido abscísico (ABA), para coordinar diversos procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas.

Su descubrimiento en plantas se remonta a la época de los años 30, cuando científicos japoneses aislaron una sustancia promotora del crecimiento a partir de cultivos de hongos que parasitaban plantas de arroz causando la enfermedad del “bakanoe” o “subida de las plantas”. El compuesto activo se aisló del hongo *Gibberella fujikuroi* por Eichi Kurosawa en 1926 por lo que se denominó “giberelina”. El efecto del hongo sobre las plantas afectadas consistía en un notable incremento en altura, aunque con fuerte merma en la producción de grano. El mayor crecimiento se debió al alto contenido de este factor de crecimiento producido por el ataque fúngico (Malonek *et al.* 2005, Tamura 1990).

Sin embargo, el aislamiento y la identificación de las giberelinas como sustancias bioactivas se realizaron en la década de 1950 por el equipo de investigación japonés liderado por Teijiro Yabuta.

### 2.2.7 Ácido Abscísico

Una fitohormona comúnmente asociada con la inhibición de una variedad de procesos es el ácido abscísico (ABA). El ABA juega un papel importante en la regulación del balance de agua de las plantas en condiciones de estrés, mediante el cierre estomático y la manutención de la absorción de agua por la raíz, así como en la aclimatación de las plantas a condiciones de sequía, frío y salina. La forma *cis* (+) ABA que se encuentra naturalmente en las plantas se sintetiza en casi todas las células con plastidios y se transporta a través del xilema y el floema.

Aunque los receptores de ABA no están completamente definidos, algunos hallazgos sugieren que los efectos mediados por esta fitohormona se encuentran en la membrana y/o en el citoplasma, donde se activan varias vías de señalización y, en última instancia, regulan respuestas genómicas y no genómicas ((Brookbank *et al.*, 2021).

### **2.2.8 Ácido Salicílico**

Esta fitohormona pertenece al grupo de los compuestos conocidos como fenólicos, su característica química presenta el radical 2-hidroxibenzoico como el ácido acetilsalicílico y el metilo de AS. Tiene funciones en la parte fisiológica de la plantas, una de ellas es la resistencia de las plantas y en la producción de calor en las inflorescencias.

El uso de esta fitohormona en la agricultura es una alternativa efectiva ya que con su aplicación se va a observar un aumento y desarrollo de los cultivos, de igual forma existirá resistencia al estrés que se genera en los cultivos, en donde existirá un rendimiento óptimo con una buena producción (Ramírez, 2021).

### **2.2.9 Poliaminas**

García y De María (2021) expresan que un grupo de metabolitos nitrogenados de bajo peso molecular, las poliaminas (PAs), se encuentran en todas las células vegetales. Los componentes tienen un impacto en la actividad celular y por lo tanto están involucrados en una variedad de procesos fisiológicos, como el crecimiento, el desarrollo vegetal y la senescencia, así como en la protección contra el estrés biótico y abiótico, que incluye el frío, el estrés salino, la atmósfera alterada, el estrés hídrico e incluso el estrés mecánico.

Las PAs se pueden presentar en forma libre o conjugadas con otras moléculas, como ácidos cumáricos, ferúlicos y cafeicos.

Las PAs pueden unirse y formar complejos con moléculas aniónicas como fosfolípidos, pectinas, ADN y ARN, entre otras, debido a su estructura química catiónica. Pueden estabilizar o desestabilizar moléculas como la espermidina debido a estas características, lo que conduce a la formación de proteínas que producen derivados citotóxicos. La apoptosis celular en las plantas puede ser provocada por una mayor concentración de ciertas PAs.

### **2.2.10 Ácido Jasmónico**

Las fitohormonas de origen lipídico, ácido jasmónico (AJ) y sus moléculas relacionadas, todos llamados jasmonatos (JAs), tienen una estructura molecular similar a la de las prostaglandinas en animales. Se utilizan como moléculas para mostrar cómo las plantas reaccionan a diferentes tipos de estrés y participan en múltiples procesos de crecimiento y desarrollo. El AJ es un ciclopentenona con una cadena carboxílica y una cadena pentenilo.

El ácido jasmónico se conoce como ácido *cis*-2-pent-2'-enil 3-oxo-ciclopentenilacético y su fórmula empírica es  $C_{12}H_{18}O_3$ . El AJ es un aceite amarillo de consistencia viscosa que se solubiliza en cloroformo, acetato de etilo, acetona y éter. Su punto de ebullición es de  $125^{\circ}C/0.001$  mm Hg y es poco soluble en agua. Con el objetivo de proteger a varios tipos de cultivos con al menos diez semanas después de la germinación, cada vez es más común aplicar AJ por medio de extractos en medios acuosos sobre semillas. Las semillas tratadas también pueden ser almacenadas y sembradas en una etapa posterior. Se pensó que los extractos de AJ protegen las plantas durante mucho tiempo después del tratamiento porque funcionan como inmunizadores (Laredo et al., 2017).

### **2.2.11 Brasinoesteroides**

Los compuestos vegetales llamados brasinoesteroides tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Se ha demostrado que tienen un impacto en los procesos de germinación, rizogénesis, floración, senescencia, abscisión y maduración. Los isoprenos, que son bloques de cinco átomos de carbono condensados, son la base de las moléculas de brasinoesteroides, que tienen una cadena lateral y cuatro anillos. Los brasinoesteroides más comunes en plantas son los que tienen 28 átomos de carbono con diferentes sustituyentes en dos anillos y en la cadena lateral. Más de cincuenta brasinoesteroides de fuentes vegetales se han identificado químicamente, pero el brasinólido, que puede sintetizarse directamente del campesterol o a través de la síntesis general de los esteroides, es el que tiene la mayor

actividad biológica (Hernández & García, 2016).

### **2.2.12 Etileno**

La hormona vegetal etileno regula varios procesos durante la maduración de los productos agrícolas, lo que conduce a la senescencia y, en última instancia, a la pérdida de valor nutricional y comercial. Varios retardantes químicos de la maduración se han desarrollado con el tiempo para reducir los efectos negativos del etileno en la poscosecha. Estos retardantes químicos actúan en etapas de biosíntesis como aminoetoxi-vinil-glicina (AVG), ácido aminooxiacético (AOA), acción/señalización (1-MCP) y sales de plata como nitrato y tiosulfato de plata (STS) y compuestos que oxidan el etileno de la atmósfera como el permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>) (Gavin et al., 2021).

### **2.2.13 Estrigolactonas**

Las estrigolactonas, un tipo de biomoléculas que tienen una estructura de lactonas terpenoides derivadas de carotenoides, tienen la capacidad de aumentar el desarrollo de raíces primarias y adventicias, pero también pueden tener algunas funciones inhibitorias, como detener la formación de raíces laterales. Cuando el medio en el que se desarrolla el organismo vegetal tiene deficiencia de fósforo y nitrógeno, estas sustancias son esenciales para las respuestas adaptativas, y suelen mejorar significativamente el desarrollo de las raíces. Pueden fomentar la simbiosis con micorrizas arbusculares mediante el ajuste a las estructuras de las yemaciones para mejorar el desarrollo del sistema radicular y promover la ramificación hifal (González et al., 2019).

También pueden controlar el transporte de otras fitohormonas, como las auxinas, que promueven la formación de raíces. De igual manera, tienen la capacidad de inhibir la acción de las citoquininas porque su acción en el medio de transporte fitohormonal permite el control del metabolismo durante el desarrollo radicular. Como resultado del control que ejerce sobre las auxinas (fitohormona que regula el crecimiento del sistema radicular), esto

genera un tipo de antagonismo con las citoquininas al tener un efecto inhibitorio en la extensión de brotes axilares en las yemaciones (González et al., 2019).

#### **2.2.14 Mecanismos de acción de las citoquininas, auxinas y giberelinas**

Los mecanismos moleculares de acción de las citoquininas, auxinas y giberelinas se encuentran definidos de la siguiente forma: Las citoquininas se unen a receptores específicos denominados HK que se encuentran en las membranas de las células, esta unión genera una serie de reacciones en cadena, estos receptores fosforilan a proteínas denominadas histidina fosfotransferasas, luego estas proteínas van a transferir el fosfato reguladores de respuesta TYPE-B RR, los cuales actúan como factores de transcripción, logrando la activación de genes que regulan la división celular y los procesos de crecimiento. Por otro lado, cuando las auxinas interactúan con receptores TIR1/AFB que se encuentran en el núcleo, esta unión activa la degradación de proteínas AUX/IAA, las cuales son las responsables de bloquear genes que promueven el crecimiento vegetal. La degradación de esta proteína AUX/IAA las expresiones de dichos genes logran promover la elongación celular y la formación de raíces y tallos. Por último, las giberelinas también se unen a sus receptores específicos GID1, generándose un complejo GID1-giberelinas, de manera posterior este complejo creado se une a proteínas represores de crecimiento (DELLA) y marca para su degradación por el proteasoma, logrando liberar los factores de transcripción que permite la activación de genes responsables de la elongación de los tallos. Estas hormonas permiten el crecimiento de tallos, germinación y florescencia (Waadt, 2020).

#### **2.2.15. Efectos fisiológicos de las citoquininas, auxinas y giberelinas**

Las fitohormonas mencionadas generan efectos a nivel fisiológico en las diferentes plantas en las que son aplicadas. A lo largo de la investigación se ha detallado que las citoquininas son responsables de promover la división celular en los meristemos, y con ello la formación de brotes laterales conocidos como yemas, las cuales van a facilitar el crecimiento

de tejidos nuevos y de órganos de las plantas (Zhang & Zhang, 2019). Otro de los efectos que tienen las citoquininas es que generan una respuesta de retraso en el envejecimiento de hojas al lograr mantener la actividad de las clorofilas y otros componentes, evitando así la senescencia.

Las auxinas por otro lado, cumplen un papel clave en el crecimiento y la diferenciación celular. Intervienen en la elongación celular, formación de raíces (Singh & Shukla, 2018). Se ha determinado que estas fitohormonas promueven la elongación de tallos en las plantas (Wang & Estelle, 2020). Además, se ha establecido que las auxinas son un elemento clave en la formación del sistema radicular, el cual es imprescindible para la absorción de nutrientes (Chen & Fu, 2021).

Con respecto a las giberelinas estas cumplen un rol esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Aparte de intervenir también en la elongación de tallos, promueven la germinación de las semillas, rompiendo la dormancia y así promoviendo el crecimiento del embrión. Se conoce también que inducen en la floración de las plantas (Penfield & MacGregor, 2020).

### **2.216 Aplicaciones fitohormonas biología vegetal**

Investigación básica en biología vegetal: Estudiar el papel de las citoquininas, auxinas y giberelinas en el crecimiento y desarrollo de las plantas también proporciona información fundamental sobre los procesos biológicos subyacentes. Esto puede ayudar a avanzar en nuestra comprensión de la biología vegetal y abrir nuevas vías de investigación en campos como la genética, la fisiología y la biotecnología vegetal.

En las últimas décadas, se han logrado importantes avances científicos en la comprensión de las fitohormonas y su papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La genética molecular y los análisis genómicos han revelado variaciones alélicas en genes involucrados en la regulación del crecimiento mediado por fitohormonas. Estas variaciones

han contribuido significativamente a mejorar la productividad en cultivos importantes, con el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones computacionales para comprender mejor cómo interactúan las fitohormonas y cómo regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas a nivel sistémico. Estos modelos pueden predecir cómo los cambios en la actividad de las fitohormonas afectan el fenotipo de las plantas y pueden ser útiles para optimizar estrategias de mejoramiento de cultivos.

Se han identificado nuevos componentes de las vías de señalización de las fitohormonas, así como nuevas interacciones entre estas hormonas y otros reguladores del crecimiento vegetal. Los avances en genética y biología molecular han permitido la identificación de genes involucrados en la síntesis, degradación y respuesta a las fitohormonas. Esto ha proporcionado información crucial sobre cómo se regulan los niveles de fitohormonas en las plantas y cómo estas hormonas afectan la expresión génica y los procesos fisiológicos. Por ejemplo, se han descubierto receptores de auxina adicionales, lo que ha llevado a una comprensión más completa de cómo las auxinas regulan la expresión génica y el crecimiento celular.

La manipulación genética de las vías de señalización de fitohormonas ha permitido desarrollar plantas transgénicas con características deseadas, como la producción de aerosoles o polvos que permiten la obtención de frutos sin semillas (partenocárpicos) como tomates, higos y sandías, y para estimular el crecimiento de raíces en esquejes. Estas plantas pueden resistir mejor el estrés, tener mayor rendimiento o adaptarse a condiciones cambiantes.

#### **2.2.17 Aplicaciones agrícolas y biotecnológicas**

El uso de estas fitohormonas en el desarrollo agrícola y biotecnológico han generado avances significativos. Se han utilizado en el control de crecimientos de diversas variedades de especies vegetales, micropropagación vegetativa, mejoramiento genético estrés

Las citoquininas son utilizadas en la micropropagación de especies vegetales, se

colocan en cantidades necesarias en los medios de cultivo para el crecimiento de plantas a partir de tejidos pequeños, promoviendo la división celular y la formación de brotes, logrando así la producción en masa de plantas a través de tejidos pequeños

Las auxinas al tener la capacidad de intervenir en la formación de raíces cumplen un rol fundamental en la agricultura y biotecnología, son utilizadas en la clonación y enraizamiento de plantas (Singh & Shukla, 2018). Cantidades altas de auxinas en los medios de cultivo para la micropropagación tienen la capacidad de inducir callogénesis y organogénesis, logrando la regeneración de plantas a partir de células o tejidos

Las giberelinas son utilizadas para lograr aumentar el tamaño de los frutos en la fruticultura, investigaciones han establecido que logran mejorar la formación y agilitan la floración (Hedden & Thomas, 2018). También desarrollan un importante papel en la industria cervecera, en el proceso de malteación de cebada, las giberelinas promueven la germinación de las semillas.

### **2.2.18 Agricultura sostenible y uso de fitohormonas**

La comprensión de las fitohormonas puede ayudar a optimizar prácticas agrícolas para mejorar la eficiencia del uso de recursos, como agua y nutrientes, y reducir la dependencia de fertilizantes y agroquímicos. Esto puede contribuir a una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Uno de los efectos notables con el uso de citoquininas es la mejora de eficiencia en la absorción de nutrientes, es posible promover la absorción de nitrógeno, siendo posible reducir la necesidad de utilizar fertilizantes que sean nitrogenados.

Con el uso de auxinas es posible conseguir un crecimiento radicular voluminoso, el cual permita una mayor absorción de agua y de nutrientes, esto aporta una agricultura sostenible ya que permite a las plantas ser resilientes ante condiciones como sequía y falta de nutrientes

Las giberelinas promueven una mejora en la productividad de los cultivos, logrando la elongación de tallos y tamaño de los frutos, esto lo hace de manera sostenible, evitando así el uso de fertilizantes que ayuden a obtener los mismos resultados

### **2.2.19 Control de malezas y plagas por fitohormonas**

Comprender cómo las citoquininas, auxinas y giberelinas afectan el crecimiento de las plantas también puede proporcionar información útil para el desarrollo de métodos de control de malezas y plagas más efectivos y selectivos, ayudando a desarrollar estrategias de manejo más efectivas. Se pueden generar auxinas sintéticas para crear un crecimiento descontrolado que resulte en la muerte celular de las hojas de la maleza, también se pueden utilizar giberelinas para inhibir la germinación de semillas de plantas de la maleza (Sandoval, Espitia & Cancino, 2022).

### **2.2.20 Bibliometría**

La bibliometría comenzó a estudiar la bibliografía a finales del siglo XIX y así dar origen al análisis. La Bibliografía Estadística fue la primera denominación que recibió lo que hoy conocemos como Bibliometría, y fue utilizada por Wyndham Hulme en 1923 para hacer un recuento de las publicaciones existentes que empezaban a ser inasequibles a los investigadores debido al gran volumen que estaban alcanzando

Desde su fundación, la bibliometría ha evolucionado en dos áreas principales: el estudio de la ciencia y la evaluación de la producción científica, y la gestión editorial. Aunque su evolución se debió a contribuciones de diferentes fuentes, su consolidación final se debió al estudio de la ciencia y la comunicación científica, principalmente impulsado por el Institute for Scientific Information (ISI) de Filadelfia, gracias a la publicación del Science Citation Index y los importantes trabajos de fundamentación teórica de Price y Garfield (Sanz, 2022)

La bibliometría es una ciencia que permite el análisis de publicaciones científicas, a través del uso de métodos estadísticos y matemáticos. Su fin es evaluar la productividad científica, cuantificar las publicaciones que son generadas alrededor de un tema de interés,

dividir las de acuerdo a sus investigadores, países, enfoques, analizando el impacto causado en la comunidad científica de acuerdo al número de citas que reciben los estudios realizados (Sanabria, Moreno & Santos, 2020).

Igualmente se define como la aplicación de análisis estadísticos para estudiar las características del uso y creación de documentos, como el estudio cuantitativo de la producción de documentos, tal como se refleja en las bibliografías, y el uso de métodos matemáticos y estadísticos para estudiar el uso de libros y otros medios dentro y entre los sistemas de bibliotecas. Es también visto como el conjunto de métodos cuantitativos utilizados para analizar conjuntos documentales, sus productores y consumidores, y como una herramienta para observar el estado de la ciencia y la tecnología a través de la producción mundial de literatura científica en un nivel de especialización específico (Sanz, 2022).

#### **2.2.21 Métodos y herramientas de bibliometría**

Los métodos y herramienta utilizados en bibliometría son muchos y están en constante evolución, una de sus métodos a utilizar es la revisión sistemática para identificar y analizar las herramientas de software disponibles para el análisis bibliométrico en ciencia. Esta revisión se basa en la búsqueda de información en bases de datos académicas y sitios web relevantes, así como en la consulta de expertos en el campo. Se recopilan datos sobre ciertas características, funcionalidades y capacidades de la temática que se va a tratar, centrándose en aspectos como las bases de datos compatibles, las opciones de análisis y visualización, y las capacidades de generación de informes (Moral et al., 2020)

En el estudio realizado por Cobo et al. (2012) 1, se llevó a cabo una revisión, análisis y comparación de las diferentes herramientas de software para mapeo científico. Se consideraron aspectos como las técnicas bibliométricas disponibles, los tipos de análisis que cada herramienta permite realizar, y las características específicas de cada una. En las cuales expone las siguientes:

**Bibexcel:** Es una herramienta utilizada para el análisis bibliométrico que permite extraer datos de archivos de texto en formato BibTeX. Facilita la identificación de patrones y tendencias en la literatura científica a través de análisis de co-citas, co-autoría y co-ocurrencia de términos.

**CiteSpace II:** Es una herramienta especializada en visualizar redes de citas en la literatura científica. Permite identificar clusters de documentos relacionados y analizar la evolución de temas de investigación a lo largo del tiempo. Es útil para descubrir tendencias emergentes y conexiones entre diferentes áreas de estudio.

**CoPalRed:** Esta herramienta se enfoca en la agrupación de términos en temas y la generación de redes temáticas. Permite identificar temas centrales en un campo de estudio mediante la categorización de términos según su centralidad y densidad en un diagrama estratégico. Facilita la visualización de relaciones entre palabras clave en redes temáticas.

**IN-SPIRE:** IN-SPIRE proporciona visualizaciones de mapas temáticos y de galaxias para explorar la distribución geográfica de documentos y detectar similitudes entre ellos. Permite identificar zonas importantes en un mapa temático y encontrar documentos similares basados en su contenido, lo que facilita la identificación de tendencias y patrones en la literatura científica.

**Leydesdorff's Software:** Esta herramienta de red de trabajo está diseñada para visualizar y analizar redes científicas. Permite explorar la estructura de colaboración entre investigadores, identificar comunidades científicas y analizar la difusión del conocimiento en diferentes campos de estudio.

**Network Workbench Tool:** Permite visualizar redes utilizando diferentes plugins y personalizar la visualización con diferentes diseños y scripts. Facilita la exploración y análisis de redes complejas, incluyendo la identificación de clusters y la detección de patrones de colaboración entre autores.

**Science of Science (Sci2) Tool:** Sci2 es una herramienta versátil para el análisis científico y social, que incluye visualización de redes, mapas temáticos y análisis de datos bibliométricos. Permite explorar la estructura de la ciencia, identificar tendencias de investigación y analizar la colaboración entre investigadores.

**VantagePoint:** VantagePoint ofrece diferentes tipos de mapas para visualizar datos bibliométricos, incluyendo mapas de factores y mapas de redes. Permite explorar la relación entre términos clave, identificar tendencias emergentes y analizar la distribución de la investigación en diferentes áreas temáticas.

**VOSViewer:** Esta herramienta se especializa en la visualización y construcción de mapas científicos, especialmente útil para el análisis de co-ocurrencia de términos. Permite identificar patrones de co-citación, co-autoría y co-ocurrencia de términos en la literatura científica, facilitando la identificación de relaciones entre conceptos y áreas de investigación

En el presente informe de investigación se usó la herramienta bibliometrix, según Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017), expone que es un herramienta para la investigación cuantitativa en bibliometría y cienciometría.

La bibliometría recupera el análisis cuantitativo como herramienta principal de la ciencia. La bibliometría es principalmente la aplicación de análisis cuantitativos y estadísticos a publicaciones como artículos de revistas y recuentos de citas. Casi todos los campos científicos ahora utilizan evaluaciones cuantitativas de datos de publicaciones y citas para evaluar el crecimiento, la madurez, los autores destacados, los mapas conceptuales e intelectuales y las tendencias de una comunidad científica.

Además, la bibliometría se utiliza para evaluar el desempeño de la investigación, especialmente en laboratorios universitarios y gubernamentales, así como por formuladores de políticas, directores y administradores de investigación, especialistas en información y bibliotecarios, y los propios académicos. Bibliometrix brinda asistencia a los académicos en

tres etapas de análisis críticas:

- Importación y transformación de datos en un formato R
- Análisis bibliométrico de una colección de publicaciones
- Construir matrices para la cocitación, el acoplamiento, la colaboración y el

análisis de copalabras. Para el análisis de redes, el análisis de correspondencias múltiples y otros métodos de reducción de datos, se utilizan matrices.

La misma autora asegura que para el uso adecuado de estas herramientas se necesita de bases de datos confiables. Bibliometrix utiliza datos de las cuatro bases de datos bibliográficas principales: SCOPUS, RISmed PubMed/MedLine, Clarivate Analytics Web of Science y la Cochrane Database of Systematic Reviews (CDSR).

SCOPUS (<https://www.scopus.com>) fue fundado en 2004 y ofrece una amplia gama de opciones para los usuarios de bibliografía. Permite consultar una variedad de campos, incluidos títulos, resúmenes, palabras clave y referencias. Aunque existen algunos límites para conjuntos de resultados muy grandes con más de 2000 elementos, SCOPUS permite descargar consultas de datos relativamente fácilmente.

Eugene Garfield, uno de los pioneros de la bibliometría, fue el fundador de Clarivate Analytics Web of Science (WoS), que se puede encontrar en <https://www.webofknowledge.com>. Muchas colecciones están disponibles en esta plataforma.

La base de datos Cochrane de revisiones sistemáticas es el recurso principal para revisiones sistemáticas en el cuidado de la salud. Además de editoriales, la CDSR incluye revisiones Cochrane (revisiones sistemáticas) y protocolos para revisiones Cochrane. Los suplementos ocasionales también están incluidos en la CDSR. A medida que las revisiones Cochrane se publican "cuando estén listas" y forman números mensuales, la CDSR se

actualiza periódicamente. Examine el calendario de publicaciones.

PubMed incluye más de 28 millones de citas de literatura biomédica de MEDLINE, revistas de ciencias biológicas y libros en línea. Las citas pueden incluir enlaces al contenido de texto completo de los sitios web de los editores y de PubMed Central.

### **2.2.22 Adquisición de datos**

La base de datos SCOPUS o Clarivate Analytics Web of Science (WoS) puede proporcionar datos bibliográficos sobre una variedad de campos, como tema, autor, revista, período de tiempo, etc.

Por ejemplo, demostramos cómo usar un término en el campo de título del manuscrito para descargar datos

Se decidió por el término "Auxina", "Citoquinina", "Giberelina".

### **2.2.23 Bibliometría en el uso de fitohormonas**

El uso de análisis bibliométricos han abarcado muchos campos de la ciencia, en este caso existe poca información relevante sobre este tipo de análisis usado en auxinas, citoquininas y giberelinas, solo se enfocan en revisiones bibliográficas, sistemáticas, estudios documentales. Los análisis bibliométricos de mayor relevancia se encuentran en el continente asiático. Para realizar un análisis bibliométrico en el uso de fitohormonas

### **2.2.23 Metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis)**

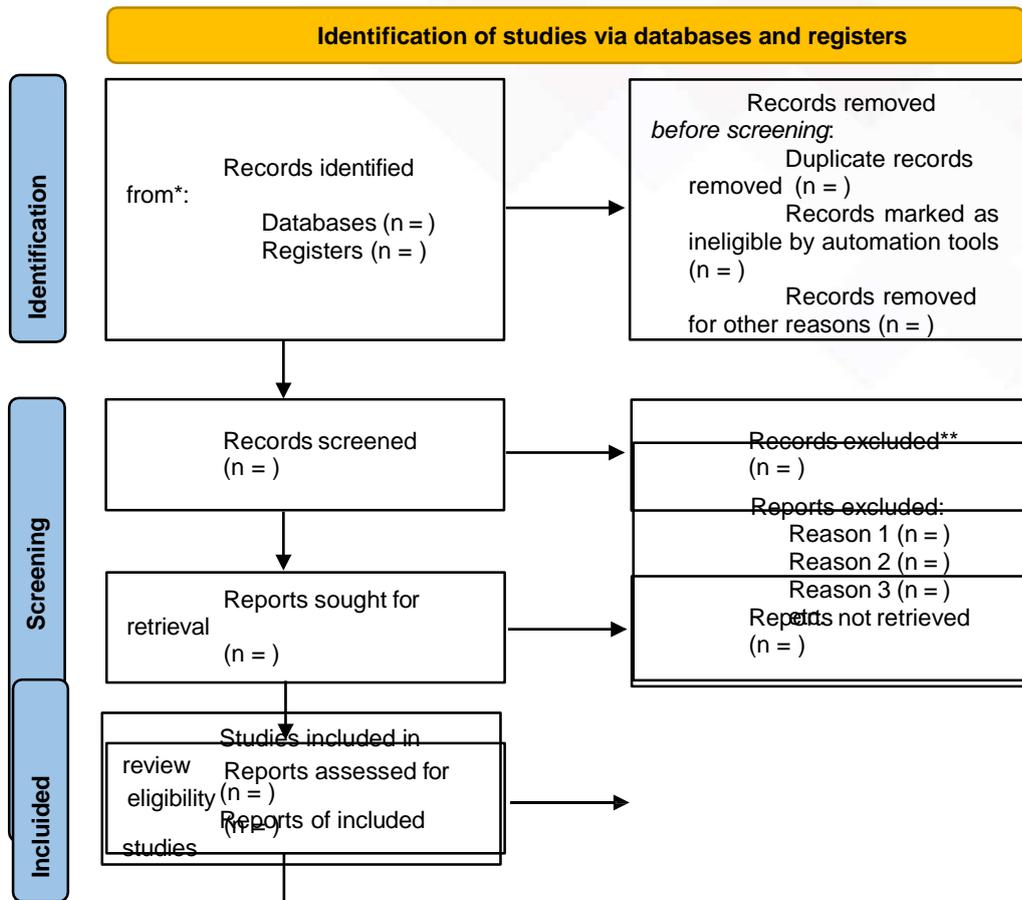
La declaración PRISMA 2020 se creó principalmente con el objetivo de llevar a cabo revisiones sistemáticas de estudios que evalúen los efectos de las intervenciones de salud, independientemente del diseño de los estudios involucrados. Sin embargo, los elementos de la lista de verificación son aplicables a informes de revisiones sistemáticas que evalúan otras intervenciones no relacionadas con la salud (como intervenciones sociales o educativas), y

muchos elementos son aplicables a informes de revisiones sistemáticas con objetivos diferentes de evaluar intervenciones (como evaluar la etiología, la prevalencia o el pronóstico).

PRISMA 2020 es utilizado en revisiones sistemáticas que incluyen síntesis (como metanálisis por pares u otras técnicas de síntesis estadística) o que no incluyen síntesis (como porque solo se selecciona un estudio elegible). Los elementos de PRISMA 2020 son aplicables a las revisiones sistemáticas de métodos mixtos, incluidos los estudios cuantitativos y cualitativos; sin embargo, es importante tener en cuenta las directrices de presentación de informes que abordan la presentación y síntesis de datos cualitativos (Page et al. 2020).

Para que los usuarios puedan evaluar la confiabilidad y aplicabilidad de los hallazgos de las revisiones sistemáticas, se debe proporcionar información detallada sobre los métodos y resultados de las revisiones sistemáticas. Los Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA) se actualizaron (a PRISMA 2020) para reflejar los avances recientes en la metodología y terminología de revisiones sistemáticas. Se creó para facilitar la presentación de informes de revisiones sistemáticas transparentes y completas.

## Flujograma de metodología PRISMA



Autor: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n7

Elementos de la lista de verificación de PRISMA 2020 para resúmenes

Page et al., (2020) nos da una explicación sobre la lista de verificación de PRISMA 2020 para resúmenes conserva los mismos elementos que los incluidos en la declaración de PRISMA para resúmenes publicada en 2013, pero se ha revisado para que la redacción sea

coherente con la declaración de PRISMA 2020 e incluye un nuevo elemento que recomienda a los autores que especifiquen los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados (ítem #6). La lista de verificación incluye los siguientes 12 elementos:

1. Identificar el informe como una revisión sistemática.
2. Proporcionar una declaración explícita de los principales objetivos o preguntas que aborda la revisión.
3. Especificar los criterios de inclusión y exclusión de la revisión.
4. Especifique las fuentes de información (como bases de datos, registros) utilizadas para identificar los estudios y la fecha en que se buscó por última vez en cada uno.
5. Especificar los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos.
6. Especificar los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados.
7. Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los estudios.
8. Presente los resultados de los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/creíble. Si compara grupos, indique la dirección del efecto (es decir, qué grupo es el favorecido).
9. Proporcionar un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión (como el riesgo de sesgo, la inconsistencia y la imprecisión del estudio).
10. Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes.
11. Especifique la fuente principal de financiación para la revisión.
12. Proporcione el nombre del registro y el número de registro.

## **CAPÍTULO III: Diseño Metodológico**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Es una investigación de tipo descriptiva, se describe de manera sistemática las tendencias, enfoques, áreas de investigación relevante sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en el crecimiento de especies vegetales.

Para el diseño de investigación se realizó un estudio bibliométrico, logrando obtener un análisis cuantitativo y cualitativo de la literatura científica existente sobre el uso de estas fitohormonas en el crecimiento de plantas.

### **3.2. La población y la muestra**

Se utilizó una base de datos de artículos científicos que se encontraban indexados en la revista de alto impacto SCOPUS, todos los artículos seleccionados abordaban la temática : Uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en el crecimiento vegetal, en la base de datos se incluyeron artículos, revisiones, metanálisis.

La población estaba delimitada por artículos que únicamente incluyera el estudio de citoquininas, auxinas y giberelinas en el crecimiento vegetal, que se encontraran publicadas desde el año 2014-2024

### **3.3. Los métodos y las técnicas**

En el presente trabajo se aplicaron diferentes métodos científicos-teóricos como el analítico-sintético, el inductivo-deductivo, el sistémico-estructural, bibliométricos y estadísticos. Para esta investigación se utilizaron instrumentos de registro y sistematización. El primero referido a una planilla de recolección de datos construida en Excel para la investigación en la que se refieren 396 trabajos relacionados con la temática y se clasifican por título, autor y el resumen de los propios trabajos.

Para responder los cuestionamientos levantados en los objetivos del trabajo, se optó por realizar un análisis bibliométrico. Se construyó una base de datos que incluyó todos los documentos científicos sobre las principales fitohormonas reguladoras del crecimiento (Citoquininas, Auxinas y Giberelinas), explorando artículos de revistas indexadas, extraídos de la base de datos *Scopus*, escogida por su reconocimiento y alcance. Es una base de datos de resúmenes y citas de literatura científica revisada por pares. Es una herramienta importante para investigadores y académicos, ya que proporciona una visión comprensiva de la producción científica global en diversas disciplinas. Scopus cubre una amplia gama de áreas, incluyendo ciencias de la vida, ciencias sociales, ciencias físicas y ciencias de la salud.

La búsqueda fue realizada por tema, esto significa que se levantaron todos los documentos científicos que contenían la combinación de terminología de interés creada para esta investigación (Tabla 1) en el título, resumen y/o palabras claves. Se utilizaron los operadores lógicos de búsqueda "AND" (para intersección entre términos), "OR" (para unión entre términos) y "(" (para establecer el orden de la búsqueda); para potenciar las búsquedas, se utilizó el truncador "\*" (para mantener la raíz de la palabra). La búsqueda se realizó en los idiomas portugués (PT), inglés (EN) y español (ES). El motor de búsqueda fue condicionado a recuperar todos los documentos publicados hasta 2023 (todo el año). Los datos para 2024 fueron desconsiderados, dado que el estudio fue realizado durante el primer semestre del mismo año.

Tabla 1. Combinaciones utilizadas para la búsqueda de literatura

<u>Término</u>	<u>Combinación</u>
ES/PT: Citoquinina - Auxina - Gibberelina	( TITLE-ABS-KEY ( cytokinin* ) AND TITLE-ABS-KEY ( auxin* ) AND TITLE-ABS-KEY ( gibberellin* ) AND TITLE-ABS-KEY ( plant AND growth* ) ) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2025 AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) OR LIMIT-TO ( LANGUAGE , "Spanish" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Unclassified Drug" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Ethylenes" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Ethylene Derivative" ) )

Fuente: El autor

## Metodología PRISMA

### 1. Búsqueda sistemática de estudios

Se utilizó la base de datos SCOPUS, a causa del alto impacto y reconocimiento que tiene en la comunidad científica.

### 2. Estrategia de Búsqueda

Se colocaron términos Citoquinina, Auxinas, Gibberelinas, y algunas combinaciones que se establecen en la tabla 1.

### 3. Criterios de Inclusión y Exclusión

### **Inclusión:**

- Artículos en los que se estudie el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en el desarrollo y crecimiento de plantas.
- Revisiones sistemáticas, revisiones de literatura, estudios metodológicos.
- Artículos en español e inglés.
- Artículos que hayan sido publicados a partir del 2014.

### **Exclusión**

- Artículos que no se encuentren relacionados con fitohormonas
- Artículos que hayan sido publicados en años inferiores al 2014.
- Artículos a los que no se pueda tener acceso.

## **4. Proceso de selección**

### **4.1 Identificación**

Se realizó la búsqueda de los estudios en la revista, los artículos fueron importados a EndNote.

### **4.2 Selección**

Se seleccionaron los artículos que únicamente se relacionaban de manera directa con la temática. Se seleccionaron únicamente 396 artículos

### **4.3 Análisis de datos**

Se realizó el análisis bibliométrico con la ayuda de BIBLIOMETRIX, donde se obtuvieron diferentes criterios analizados, como el número de citas, palabras clave, países donde se han desarrollado mayor número de investigaciones, autores con mayor número de citas.

### **4.4 Los datos obtenidos de BIBLIOMETRIX fueron analizados e interpretados.**

## **3.4. Procesamiento estadístico de la información**

Así mismo, para el análisis sobre la producción científica del “Estudio del uso de los

principales reguladores de crecimiento: citoquininas, auxinas y giberelinas en las plantas” desde un estudio bibliométrico se utilizó la base de datos Scopus asociada con 396 artículos originales

Para el análisis de la información se utilizaron software como el EndNote Online, que es uno de los gestores bibliográficos que permite organizar, buscar y compartir referencias bibliográficas en los trabajos académicos, Excel 2016, Pajek y vosviewer 1.6.8. También el análisis bibliométrico se desarrolló a través de Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017), que es un código abierto desarrollado en el lenguaje R. Esta herramienta ya ha sido empleada en la literatura para realizar mapeo científico (Di Vaio *et al.*, 2021; Duque, Samboni, *et al.*, 2020; Duque, Trejos, *et al.*, 2021; Landinez *et al.*, 2019; Queiroz & Fosso Wamba, 2021; Secinaro *et al.*, 2021; Tani *et al.*, 2018). La elección de Bibliometrix se debe a su compatibilidad con diferentes bases de datos, a las múltiples funciones analíticas con las que cuenta, es de acceso libre, y, en especial, porque facilita la identificación de tendencias.

Se usó la versión 3.0 de este programa. A partir del análisis bibliométrico se determinaron 8 dimensiones e indicadores representativos para dar respuesta a nuestro problema en el campo del estudio bibliométrico realizado, los cuales permiten valorar la evolución en el año 2023 de la productividad científica por período, los países que lideran este campo temático, las revistas científicas más relevantes, así como los autores más influyentes, áreas temáticas y las instituciones académicas, términos clave y áreas geográficas.

Para corroborar la hipótesis referida al número de publicaciones científicas y la diversidad de investigaciones sobre el uso de citoquininas, auxinas y giberelinas en plantas muestra un crecimiento significativo en el período 2020-2023 se utilizó la prueba de ANOVA, análisis de varianza. Esta se utiliza para efectuar comparaciones múltiples entre dos medias. De esta forma se perciben resultados mucho más precisos y carentes de sesgos.

Entre los indicadores se tuvo en cuenta el tipo de documentos, el país de origen de la

investigación, las palabras clave, el idioma en que se encuentran los artículos, la frecuencia de los autores, las áreas temáticas, los períodos en los que se incrementan estas publicaciones y la productividad editorial que resulta mucho más abarcadora que el análisis por revistas.

## CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

### 4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

En el período estudiado se analizaron un total de 396 artículos asociados con la producción científica relacionada con las citoquininas, auxinas y giberelinas. Se destaca la tendencia temporal en la producción científica, los países que lideran este campo temático, las editoriales más relevantes que publican sobre esta temática, así como los autores más influyentes, la distribución temática, así como instituciones académicas, términos clave en la búsqueda de la información relacionada y áreas geográficas que destacan en estas investigaciones.

#### 4.1.2 Productividad por período

Se analizaron un total de 396 trabajos científicos asociados con la temática de esta investigación y extraídos de la base de datos Scopus. En la fig. 1 se aprecia la cantidad de publicaciones 2022- 2023 que se relacionan directamente con la temática “Estudio del uso de los principales reguladores de crecimiento: citoquininas, auxinas y giberelinas en las plantas”. Según los datos obtenidos, las publicaciones relacionadas con el tema comienzan a tener un incremento a partir del 2020, esto se observa en la figura 2, donde se ve que los picos más altos de producción científica, se dan a partir del 2020. La tasa de crecimiento anual por publicaciones llega al 12 % lo que indica el interés de la comunidad científica y se puede observar cómo esta tendencia se prolonga hasta estudios recientes del 2023. Además, se identificó que el 44 % del total de los documentos fue publicado en este último período 2020-2023 y algunos que aparecen registrados en lo que va del presente año.



*Figura 1. Crecimiento de publicaciones por periodo*

Fuente: El autor

Año	Artículos
2010	15
2011	17
2012	12
2013	9
2014	19
2015	25
2016	22
2017	23
2018	13
2019	35
2020	43
2021	44
2022	59
2023	48
2024	13

*Figura 2. Crecimiento de número de publicaciones científicas a través del tiempo*

Fuente: Bibliometrix

Para evitar el sesgo en la información sobre las publicaciones se realizó un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo teniendo en cuenta los años (2020,

2021, 2022 y 2023) como los más relevantes en cuanto a cantidad de publicaciones y el resultado corrobora la hipótesis de que sí existen diferencias significativas en la cantidad de publicaciones por lo que la (f) crítica es menor que la calculada en cuanto a las publicaciones.

Tabla 2. Análisis de varianza

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	2	2102	1051	1877922
Fila 2	2	2110	1055	1866312
Fila 3	2	2134	1067	1824050
Fila 4	2	2138	1069	1820232
Columna 1	4	8086	2021,5	1,66666667
Columna 2	4	398	99,5	271

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Años	470	3	156,666667	1,35057471	0,40540501	9,27662815
Publicaciones	7388168	1	7388168	63691,1034	1,3719E-07	10,1279645
Error	348	3	116			
Total	7388986	7				

Fuente: El autor

#### 4.1.3 Productividad por países que lideran este campo

Los resultados que se logran con la productividad científica por países se establecen de acuerdo con la nacionalidad de los autores en la que destaca China, cuyos trabajos

representan más del 60 % de las publicaciones, precedido por 20 países con el resto de las divulgaciones entre los que se puede mencionar España, Japón, Australia, Brasil, Trinidad y Tobago, Egipto y Alemania. Ver fig 3.



Figura 3. Publicaciones por países

Fuente: El autor

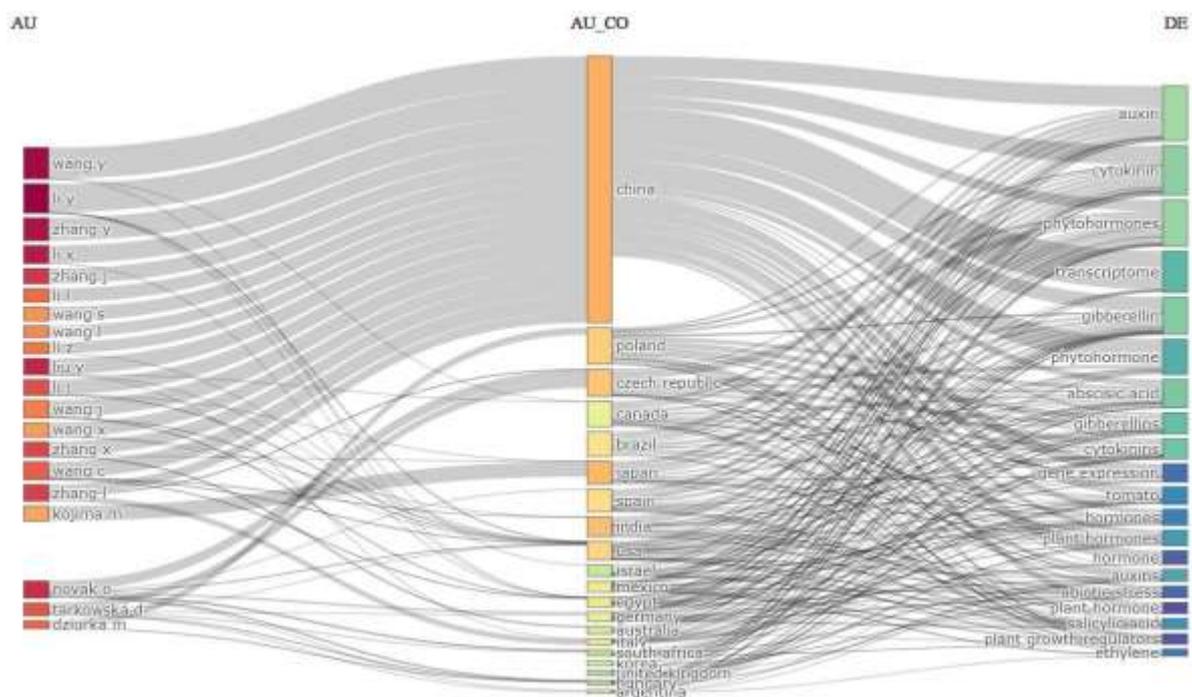


Figura 4. Parcela de 3 campos de la producción científica: AUTORES, PAÍSES, PALABRAS CLAVES

Fuente: Blibibometrix

#### 4.1.4. Artículos más relevantes

En la tabla 3 se observa una lista de los artículos más relevantes de acuerdo al número de citas. En primer lugar se encuentra el artículo: *Hormonal modulation of Plant Immunity*, publicado en el año 2012, con 1988 citas en total, luego sigue: *Plant hormone-mediated regulation of stress responses*, publicado en el 2016 y citado 1264 veces y en tercer lugar de relevancia se encuentra el artículo: *The Role and Regulation of ABI5 (ABA-Insensitive 5) in Plant Development, Abiotic Stress Responses and Phytohormone Crosstalk*, publicado también en el año 2016 y citado un total de 303 veces por la comunidad científica.

Tabla 3. Artículos más relevantes

Título	Autores	DOI	Total de citas	Año de publicación
Hormonal Modulation of Plant Immunity	Corné M.J. Pieterse <sup>1,2</sup> , Dieuwertje Van der Does <sup>1</sup> , Christos Zamioudis <sup>1</sup> , Antonio Leon-Reyes <sup>3</sup> , and Saskia C.M. Van Wees <sup>1</sup>	<a href="https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-092910-154055">https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-092910-154055</a>	1988	2012
Plant hormone-mediated regulation of stress responses	Vivek Verma, Pratibha Ravindran & Prakash P. Kumar	<a href="https://doi.org/10.1186/s12870-016-0771-y">10.1186/s12870-016-0771-y</a>	1264	2016
The Role and Regulation of ABI5 (ABA-Insensitive 5) in Plant Development, Abiotic Stress Responses and Phytohormone Crosstalk	<a href="#">Anna Skubacz</a> , <a href="#">Agata Daszkowska-Golec</a> , <a href="#">Iwona Szarejko</a>	<a href="https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01884">10.3389/fpls.2016.01884</a>	303	2016
The Physiological, Biochemical and Molecular Roles of Brassinosteroids and Salicylic Acid in Plant Processes and Salt Tolerance	M. Ashraf, N. A. Akram, R. N. Arteca & M. R. Foolad	<a href="https://doi.org/10.1080/07352689.2010.483580">10.1080/07352689.2010.483580</a>	288	2010
The Rate of Cell Differentiation Controls the Arabidopsis Root Meristem Growth Phase	Laila Moubayidin, Serena Perilli, Raffaele Dello Ioio, Riccardo Di Mambro, Paolo Costantino	<a href="https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.05.035">https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.05.035</a>	285	2010
Phytohormones as regulators of heavy metal biosorption and toxicity in green alga <i>Chlorella vulgaris</i> (Chlorophyceae)	Alicja Piotrowska-Niczyporuk , Andrzej Bajguz , Elżbieta Zambrzycka, Beata Godlewska-Żyłkiewicz	<a href="https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.11.009">10.1016/j.plaphy.2011.11.009</a>	267	2012
Plant Hormonomics: Multiple Phytohormone Profiling by Targeted Metabolomics	Jan Šimura, Ioanna Antoniadou, Jitka Šíroková, Danuše Tarkowská, Miroslav Strnad, Karin Ljung, Ondřej Novák Author Notes	<a href="https://doi.org/10.1104/pags.18.00293">10.1104/pags.18.00293</a>	261	2018
Plant Growth Promotion by Volatile Organic Compounds Produced by <i>Bacillus subtilis</i> SYST2	Hafiz A. S. Tahir, Qin Gu, Huijun Wu, Waseem Raza, Alwina Hanif, Liming Wu, Massawe V. Colman & Xuwen Gao	<a href="https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00171">10.3389/fmicb.2017.00171</a>	243	2017
Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus <i>Azospirillum</i>	Fabrizio Cassán, Jos Vanderleyden & Stijn Spaepen	<a href="https://doi.org/10.1007/s00344-013-9362-4">10.1007/s00344-013-9362-4</a>	227	2013
Complex phytohormone responses during the cold acclimation of two wheat cultivars differing in cold tolerance, winter Samanta and spring Sandra	Klára Kosová, Ilja Tom Prášil, Pavel Vítámvás, Petre Dobrev , Václav Motyka , Kristýna Floková , Ondřej Novák , Veronika Turečková , Jakub Rolčík , Bedřich Pešek , Alena Trávníčková, Alena Gaudinová , Gabor Galiba , Tibor Janda , Eva Vlasčková, Pavla Prášilová, Radomira Vanková	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.12.013">10.1016/j.jplph.2011.12.013</a>	198	2012

Fuente: El autor

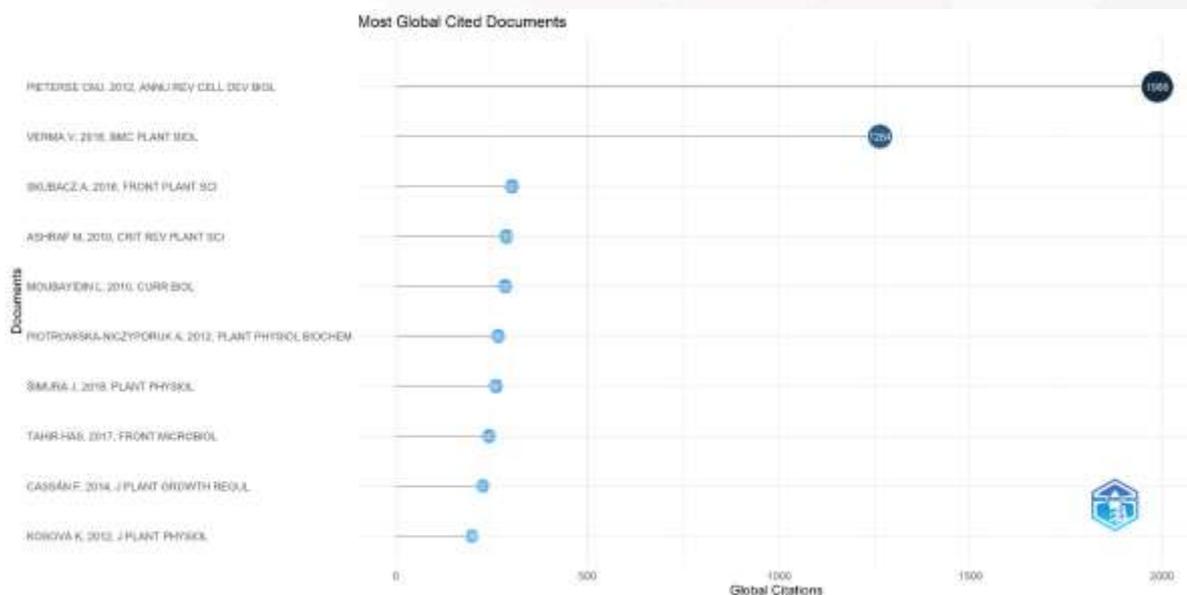


Figura 5. Artículos más relevantes de acuerdo al número de citas

Fuente: Bibliometrix

#### 4.1.5 Productividad por editorial científica más relevantes

La figura 6. relaciona las principales editoriales que acogieron a las revistas que se encargan de atender esta temática. Con relación a las revistas más relevantes destaca Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), editorial suiza que ha establecido más de doscientas revistas de amplio alcance fundada en 1996. Más del 50 % de las revistas científicas que publica sobre el tema seleccionado por esta investigación está editado, seguido de Elsevier B.V., proveedor español líder mundial de información biomédica y la editorial científica británica especializada en publicaciones de acceso abierto con áreas temáticas principales dentro de la biología y la medicina.



Figura 6. Productividad por Editorial

Fuente: El autor

#### 4.1.5 Productividad por autores más influyentes y áreas temáticas

De acuerdo con los registros obtenidos de la base de datos el país que predomina en el número de publicaciones es la República Popular China. La reincidencia de los autores en las 396 publicaciones que aparecen en Scopus se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4. Productividad por autores y países

Autores	País	Número de publicaciones
Zhang Jiyu	China	3
Kurepin Leonid	Canadá	3
Bai Yucong	China	2
Cao Da	China	2
Chai Lijuan	China	2
Fang Shengtao	China	2
Kolachevskaya O.	Rusia	2
Kuluev Bulat	Rusia	2

<b>Li J.</b>	China	2
<b>Li S.</b>	China	2
<b>Li W.</b>	China	2
<b>Li Y.</b>	China	2
<b>Li S.</b>	China	2
<b>Li W.</b>	China	2
<b>Liu J.</b>	China	2
<b>Liu S.</b>	China	2
<b>Van Doorn</b>	Holanda	2
<b>Wang Guang Long</b>	China	2
<b>Wang Miao</b>	China	2
<b>Wu Y.</b>	China	2
<b>Yu X.</b>	China	2

Fuente: El autor

El resto de los autores que aparecen en estas tablas tienen solo una publicación.

Se concluyó que más del 43 % de los autores dirigen sus publicaciones al mejoramiento de los cultivos agrícolas que consideran importantes en su país o carentes de atención. De ahí que la productividad en áreas temáticas se relacione con plantas de viveros, fitohormonas durante el desarrollo de tubérculos como la yuca, la papa, la mandioca o el ñame y la pera china. También se abordan otras temáticas que se encaminan a mejorar cultivos como el trigo, las algas, el bambú, las hojas de tabaco, la caña de azúcar, el tomate, el maní, el arroz, desde el uso de reguladores de crecimiento, el crecimiento vegetal y la fertilización química por mencionar otros de las temáticas que se tratan. El promedio de la cantidad de autores por publicación es de 4 siendo un indicador bastante común en el medio

científico. Los resultados indican que la mayor parte de la producción científica total analizada se centra en las áreas de las fitohormonas y la biomedicina, agricultura y biología, ver figura 7



Figura 7. Productividad por área temática

Fuente: El autor

Si se tiene en cuenta que las publicaciones pueden estar agrupadas en más de una de las cinco áreas de ciencias (ciencias físicas, ciencias de la vida y biomedicina, tecnología) las áreas temáticas se corresponden mayormente con la agricultura y la bioquímica y biología se relacionan con las ciencias de la vida y la biomedicina como área científica general. Además, se puede apreciar que la temática de la química tiene relaciones estrechas con el área de las ciencias de la vida y la biomedicina.

El análisis entre palabras claves determina dos posibles clústeres, formados por cuatro términos cada uno, cuya temática está relacionada con los términos fitohormonas, citoquininas, giberelinas, etileno. El otro clúster aborda términos como fertilizante, crecimiento, planta y transcriptoma. La integración de nuevas herramientas y metodologías supone un reto para las enseñanzas tradicionales y las formas de exponer la información. Ver figura 8.



Figura 8. Productividad por palabra clave

#### 4.1.7 Búsqueda por términos clave

De los 396 artículos se extrajeron las palabras clave, que posteriormente fueron clasificadas y ordenadas, lo que permitió obtener las de mayor frecuencia, las cuales se muestran en la figura 8. Se destaca la palabra auxina con un total de 254 repeticiones; le siguen citoquininas, con 143 repeticiones, giberelinas con 126 repeticiones, fitohormona, 64, hormonas vegetales 18 y etileno con 17.

#### 4.1.8 Productividad por idioma

Con relación al idioma en el que más se ha logrado la productividad, se observa que prevalece el inglés en la mayoría de las publicaciones, ya que de los 396 artículos la totalidad de ellos está escrita en este idioma para un 100 %.

El área geográfica predominante en las publicaciones que atañen a la investigación están en la República Popular China.

## CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones

### 5.1. Discusión

Se puede observar que en el ciclo 2020-2023 es un período en el que proliferan la producción científica, denotando un creciente interés por parte de la comunidad científica en entender los diversos mecanismos de acción que tienen las fitohormonas en el crecimiento vegetal de las diferentes especies. Este descubrimiento es corroborado por varios autores quienes han descrito un incremento en la cantidad de información existente alrededor de esta temática (Palma, 2020).

Un punto importante a considerar es que a pesar del aumento de la producción científica alrededor del uso de fitohormonas como reguladores de crecimiento vegetal desde el año 2020-2023, los artículos más relevantes sobre este tema de acuerdo al número de citas fueron publicados en años anteriores como 2012, 2016, esto puede explicarse debido a que de acuerdo a la naturaleza de los artículos, si estos presentan metodologías innovadoras que se mantienen a través del tiempo y que sirven como línea base de futuras investigaciones, van a mantener su relevancia y ser citados a lo largo del tiempo. Otro factor a considerar por lo que ocurre esto es por el fortalecimiento del conocimiento, por lo general el conocimiento no se invalida de forma rápida, se integra con nuevos descubrimientos que complementan el análisis de los temas a estudiar. A pesar del incremento de la literatura científica, no se asegura que estén sean impactantes para que exista un alto índice de citación. La calidad y relevancia de los estudios son más puntos más importantes a considerar que el año en el que estos fueron publicados (Dávila, 2020).

En la República Popular China se observa un creciente interés en esta temática y que los autores, desde distintos enfoques, se plantean regular las maduraciones frutales, desarrollar mejor los tubérculos, así como el desarrollo y crecimiento en general de los distintos cultivos. Con los resultados que se obtienen por medio de la base de datos Scopus

para el período que comprende la selección de los artículos, fue posible identificar que en su totalidad están escritos en inglés y la República Popular China es quien lleva la avanzada en estas investigaciones. De acuerdo a lo publicado por Cabrera y Saraiva (2022) se ha determinado al inglés como la lengua del mundo científico, por ello se evidencia un alto índice de producción en este idioma, se ha determinado que las revistas de mayor impacto publican en este idioma, por ende los artículos elaborados en este idioma tienen una mayor visibilidad en la comunidad científica.

Del estudio se deriva, además, la necesidad de retroalimentación entre quienes investigan este tema para impulsar iniciativas en otras regiones sobre todo en regiones latinoamericanas como Ecuador, Cuba, Uruguay, Venezuela, Honduras, Guatemala, Chile y Costa Rica, fundamentalmente, pues están dentro de los países que no poseen publicaciones en este período relacionadas con el tema y cuyo polo científico no se encuentra inmerso en estas líneas investigativas. Esto como consecuencia de la falta de inversión en la investigación en estas regiones, por esta razón, resultan relevantes las alianzas estratégicas entre naciones en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas en su agenda 2030 (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015). Tampoco se relacionan dentro de los cultivos que se mencionan en los artículos de la muestra trabajos relacionados con los cultivos hortofrutícolas que más exporta Ecuador, como son el banano, la piña, el plátano verde, el mango y el taro. En cambio, sí hay presencia de algunos cultivos comerciales como la yuca, la papa y el maíz, aunque no se abordan por autores nacionales

En Ecuador a pesar de que existen investigaciones referentes al uso de estas fitohormonas para los diferentes cultivos, la comunidad científica enfrenta un sin número de retos, como su bajo presupuesto para la investigación, su presupuesto destinado es relativamente inferior con referencia a los de otros países, otro de los principales retos a los que se enfrenta es la falta de infraestructura científica, como laboratorios, tecnología, lo que

limita la visibilidad de los estudios frente a la comunidad científica global, además en el país falta colaboración, como acuerdos multilaterales que permitan que las investigaciones generen un impacto global (Castillo y Powell, 2019).

La agricultura es una de las actividades más importantes de la sociedad actual especialmente en países en vías de desarrollo como Ecuador, además de ser una actividad clave en la seguridad alimentaria (Vega et al., 2023). De ahí la importancia de que la comunidad científica se prepare conscientemente sobre el uso de los reguladores de crecimiento hormonales en los cultivos que generan ingresos para el país y fuente de alimentos para la población. Como se pudo constatar a lo largo de esta investigación existen escasos trabajos de revisión y sistematización sobre el tema en el país, especialmente en el idioma español y en bases de datos reconocidas como Scopus. Esta clase de información resulta relevante para ser utilizada por estudiantes, personal técnico y científicos en pos de replicar las ventajas mencionadas que posibilitan estas hormonas en los cultivos.

Las tendencias identificadas en el análisis bibliométrico sobre el uso de fitohormonas en el crecimiento vegetal resaltan su aplicación significativa en campos como la biomedicina, agricultura y biología. Se estableció más del 43% de los autores enfocan sus descubrimientos al mejoramiento de cultivos, denotando un interés significativo el aumentar la productividad agrícola de las diferentes regiones, comprometiéndose a contribuir en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Palma (2020) y Ventura (2020) resaltan la necesidad de que los cultivos se puedan enfrentar a temporadas extremas sin alterar su rendimiento, denotando que el uso de las fitohormonas pueden ayudar a los cultivos a enfrentar los problemas relacionados con el cambio climático, aumentando el rendimiento, resistencia y adaptación.

El análisis bibliométrico arrojó como resultado que la palabra auxina tiene un mayor índice en la repetición de palabras claves, lo que podría incidir en que esta fitohormona es una de las más estudiadas y mencionadas en esta temática. Autores como Sandoval, Espitia y

Cancino (2022) destacan que esta es una de las hormonas vegetales más utilizadas en investigaciones sobre el crecimiento vegetal a causa del papel fundamental que cumple en la elongación celular y la diferenciación de tejidos. También Juárez et al., (2020) hace una mención especial en la versatilidad que tiene esta fitohormona, debido a que también interviene en la formación de flores y frutos, haciendo énfasis en la importancia de esta fitohormona para mejorar la productividad, destacándola como componente central en el estudio de fitohormonas.

## 5.2. Conclusiones

Toda indagación muestra resultados que pueden ser considerados para medir un estado o varios y tomar decisiones en mejora de este. Por ello, en esta investigación se encuentran elementos que sirven para caracterizar la producción científica y así contribuir al perfil bibliométrico de Ecuador en relación con la temática del Uso de los Principales Reguladores de Crecimiento: Citoquininas, Auxinas y Giberelinas en las Plantas. Un estudio bibliométrico puede concluir que las referencias encontradas en los 396 artículos de la base de datos en Scopus ofrecen la importancia de este tema en la comunidad científica. Este conocimiento a su vez pretende transformar la realidad para responder a las necesidades económicas de cada región. Este estudio deja entrever que en los últimos 3 años existe un incremento de las publicaciones relacionadas con esta temática, resultado de la importancia que cobran los cultivos y su optimización en la economía y la productividad de los mismos.

En todas las áreas del conocimiento hay publicaciones científicas, pero los trabajos relacionados con las ciencias de la vida y la biomedicina son los que predominan.

Entre los autores con un número de tres publicaciones encontramos al chino Zhang Jiyu y al canadiense Kurepin Leonid. El resto de las publicaciones de la muestra tiene un predominio de autores reincidentes chinos que se repiten hasta en dos publicaciones. Hay otros autores como el australiano (Cao Da), holandés (Van Doorn) y el ruso (Kolachevskaya

O.), que también tienen dos publicaciones y el máximo de los autores en los trabajos oscila entre 4 y 6, siendo común en esta clase de publicaciones científicas.

Las instituciones editoriales que más han publicado sobre esta temática son Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) y Elsevier B.V.

El idioma que predomina en su totalidad en la muestra de 396 artículos es el inglés y el país que lidera este campo temático es China existiendo una representación escasa de los países de América Latina.

Los términos clave predominantes son auxina, citoquininas, giberelinas, fitohormona, hormonas vegetales y etileno.

Un estudio de esta índole permite reconstruir el proceso intelectual e identificar las líneas en áreas de conocimiento y determinando las pautas a seguir para publicaciones posteriores. La bibliometría, además de los indicadores de actividad, colaboración e impacto puede posibilitar que agentes de cambio en los cultivos agrícolas diseñe estrategias e implemente formas de mejorar y optimizar los mismos. Sobre todo, si se toma como experiencia las experiencias que se plasman en las investigaciones científicas.

### 5.3. Recomendaciones

Se recomienda que este estudio se amplíe y se conozca en otras universidades ecuatorianas o afines al perfil de la biotecnología.

Se puede exhortar a los grupos de investigación a un estudio similar que incluya solo artículos de la región de Latinoamérica para poder visualizar el alcance latino en esta temática.

Incluir los análisis bibliométricos en otras áreas afines a esta investigación y abrir otras líneas de investigación relacionadas con el uso de análisis bibliométricos desde el estudio de las instituciones que generan investigaciones afines.

Realizar estudios comparativos entre clúster de distintos países para analizar las diferencias de cómo se produce la evolución en cada uno de ellos y las variables responsables de esta diferencia.

Se sugiere el análisis bibliométrico de tesis y trabajos de grado y postgrado en el país, Ecuador, relacionadas con esta temática para analizar el grado de actualización, profundización y producción de autores nacionales. También se exhorta a incluir las tesis doctorales, ya que estas constituyen el más alto grado de expresión científica y académica, es una fuente de datos valiosa y confiable, que se respalda por fuentes bibliográficas actualizadas e internacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anfang, M., & Shani, E. (2021). Transport mechanisms of plant hormones. *Current Opinion in Plant Biology*, 63, 102055.
- Buttò, V., Deslauriers, A., Rossi, S., Rozenberg, P., Shishov, V., & Morin, H. (2020). The role of plant hormones in tree-ring formation. *Trees*, 34, 315-335.
- Farooq, R. (2023). Mapping the field of knowledge management: a bibliometric analysis using R. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 53(6), 1178-1206.
- Caputo, A., & Kargina, M. (2022). A user-friendly method to merge Scopus and Web of Science data during bibliometric analysis. *Journal of Marketing Analytics*, 10(1), 82-88.
- Asuncion-Cruz, E., Villa-Torres, J. A., Hernández-Domínguez, E. M., Vazquez, E. L., & Alvarez-Cervantes, J. (2021). Función, identificación e importancia de fitohormonas: una revisión. *Bioteología Vegetal*, 21(4), 178-192.
- Orejuela-Escobar, L. M., Landázuri, A. C., & Goodell, B. (2021). Second generation biorefining in Ecuador: Circular bioeconomy, zero waste technology, environment and sustainable development: The nexus. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 83-107
- Jordá Llorens, J. I. (2022). Efectos morfogénicos inducidos por pulsos de la auxina 2, 4-D y la citoquinina TDZ en brotes axilares de plantas micropropagadas de batata.
- Sandoval, H. D. R. D., Espitia-Baena, J. E., & Cancino-Escalante, G. O. (2022). Evolución Química y Biotecnológica de Moléculas con Actividad de Tipo Auxina: Una Revisión. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 20(1), 13-22.

- Sanabria, C. R. P., Moreno, Á. D., & Santos, Ó. G. (2020). Bibliometría o altimetría: desde las métricas tradicionales a las actuales. *Revisión Bibliográfica. Revista de Ciencias Forenses de Honduras*, 6(2), 24-30.
- Waadt, R. (2020). Phytohormone signaling mechanisms and genetic methods for their modulation and detection. *Current Opinion in Plant Biology*, 57, 31-40.
- Asuncion-Cruz, E., Villa-Torres, J. A., Hernández-Domínguez, E. M., Vazquez, E. L., & Alvarez-Cervantes, J. (2021). Función, identificación e importancia de fitohormonas: una revisión. *Bioteología Vegetal*, 21(4), 178-192. (Asunción et al.,2021)
- Alcántara *et al.* (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*. 17 (32): 109-129.<http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Carrizo Sainero G. (2006). Hacia un concepto de bibliometría. *Journal [Serie en Internet]*. 2006[ cited 1 Ene 2007]; 10(4): [aprox. 22p]. <http://www.ucm.es/info/multidoc/publicaciones/journal/pdf/bibliometriaesp.pdf>.
- Borjas Ventura *et al.* (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Biosphere. Bolivia*. [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2\\_a07.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a07.pdf)
- Camps, D. (2007). Estudio bibliométrico general de colaboración y consumo de la información en artículos originales de la revista *Universitas Médica*, período 2002 a 2006. *Universitas Médica*, 48(4), 358-365.
- Caplin sm & Fc Steward. (1948). Effect of coconut milk on the growth of the explants from carrotroot. *Science* 108: 655-657
- Davies, P. J. (2010). *Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action!* Springer

Science & Business Media.

- Di Vaio, A., Palladino, R., Pezzi, A., & Kalisz, D. E. (2021). The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of business research*, 123, 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
- Duque, P., Samboni, V., Castro, M., Montoya, L. A., & Montoya, I. A. (2020). Neuromarketing: Its current status and research perspectives. *Estudios Gerenciales*, 36(157).
- Duque, P., Trejos, D., Hoyos, O., & Chica, J. C. (2021). Finanzas corporativas y sostenibilidad: un análisis bibliométrico e identificación de tendencias. *Semestre Económico*, 24(56), 25-51.  
<https://doi.org/10.22395/seec.v24n56a1>
- Duque, P. y Duque, E. J. (2022). Tendencias emergentes en la literatura sobre el compromiso del cliente: un análisis bibliométrico. *Estudios Gerenciales*, 38(162), 120-132.  
<https://doi.org/10.18046/j.estger.2022.162.4528>
- Feng, G., Qin, Z., Yan, J., Zhang, X., & Hu, Y. (2017). The Impact of Gibberellin on Wheat Growth and Quality Related Genes. *BioMed Research International*, 2017, 1-9.
- Fichet, L.T. 2017. Biosíntesis de las Fitohormonas y Modo de Acción de los Reguladores de Crecimiento. Serie Nutrición Vegetal Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>
- Hwang, I., & Sheen, J. (2019). Two-component circuitry in Arabidopsis cytokinin signal transduction. *Nature Plants*, 5(8), 911-919.
- Landinez, D. A., Robledo Giraldo, S., & Montoya Londoño, D. M. (2019). Executive Function performance in patients with obesity: A systematic review. *Psychologia*, 13(2), 121-134.

<https://doi.org/10.21500/19002386.4230>

Mok, D. W., & Mok, M. C. (2001). Cytokinin metabolism and action. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52(1), 89-118.

Queiroz, M. M., & Fosso Wamba, S. (2021). A structured literature review on the interplay between emerging technologies and COVID-19 - insights and directions to operations fields. *Annals of Operations Research*, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04107-y>

Cabrera, M., & Saraiva, I. (2022). Principales problemáticas de las publicaciones científicas: un análisis en perspectiva latinoamericana. *e-Ciencias de la Información*, 12(1), 188-210.

Palma Mora, H. M. (2020). *Influencia de fitohormonas para aumentar los rendimientos en cultivos de ciclo corto* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020).

Dávila-Rodríguez, L. P. (2020). Apropiación social del conocimiento científico y tecnológico. Un legado de sentidos. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 12(22), 116-136.

Castillo, J. A., & Powell, M. A. (2019). Análisis de la producción científica del Ecuador e impacto de la colaboración internacional en el periodo 2006-2015. *Revista española de documentación científica*, 42(1), e225-e225.

Alcántara, J. S., Acero, J., Alcántara, J. D., Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista Nova*, 17(32) [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109)

Sanz, J. (2022). Bibliometría: origen y evolución. *Hospital a Domicilio*, 6(3), 105-107. <https://dx.doi.org/10.22585/hospdomic.v6i3.168>

Hernández, E. & García, I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 441-450.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000200441&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200441&lng=es&tlng=es).

- Laredo, E., Martínez, J., Iliná, A., Guillen, L., & Hernández, F. (2017). Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 673-683. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.40>
- Ramírez, R. (2021). *El efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (Beta Vulgaris L. var. Fordhook)*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional UAAN. <http://repositorio.uaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6449/62236%20RAMIREZ%20ZAMBRANO,%20RICARDO.pdf?sequence=1>
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review” *El profesional de la información*, v. 29, n. 1, e290103. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E. and Herrera, F. (2012) SciMAT: A new Science Mapping Analysis Software Tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63:8 (2012) 1609-1630 doi: 10.1002/asi.22688.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017) bibliometrix: una herramienta R para un análisis exhaustivo de mapeo científico, *Journal of Informetrics*, 11(4), págs. 959-975, Elsevier
- Page, M., Moher, D., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow C., (2020). Explicación y elaboración de PRISMA 2020: orientación actualizada y ejemplos para informar revisiones sistemáticas *BMJ* 2021; 372 :n160 doi:10.1136/bmj.n160.
- Sandoval, H. D. R. D., Espitia-Baena, J. E., & Cancino-Escalante, G. O. (2022). Evolución Química y Biotecnológica de Moléculas con Actividad de Tipo Auxina: Una Revisión. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 20(1), 13-22.

- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., & Alejo-Santiago, G. (2020). Medios de enraizamiento y aplicación de auxinas en la producción de plántulas de fresa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 71-83.
- Palma Mora, H. M. (2020). *Influencia de fitohormonas para aumentar los rendimientos en cultivos de ciclo corto* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020).
- Ventura, R. B., Otiniano, A. J., & Huamán, L. A. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.
- Ombrosi, D. (2023). La biosíntesis local de auxinas regula el desarrollo de las plantas en respuesta a señales ambientales.
- Brookbank, B. P., Patel, J., Gazzarrini, S., & Nambara, E. (2021). Role of basal ABA in plant growth and development. *Genes*, 12(12), 1936.
- Sanz Valero, J. (2022). Bibliometría: origen y evolución. *Hospital a Domicilio*, 6(3), 105-107.
- García, M., & De María, D. (2021). Aplicación exógena de poliaminas en la mejora de cultivos agrícolas frente al estrés.
- Gavin, C., Barzallo, D., Vera, H., & Lazo, R. (2021). Revisión bibliográfica: Etileno en poscosecha, tecnologías para su manejo y control. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 163-178.

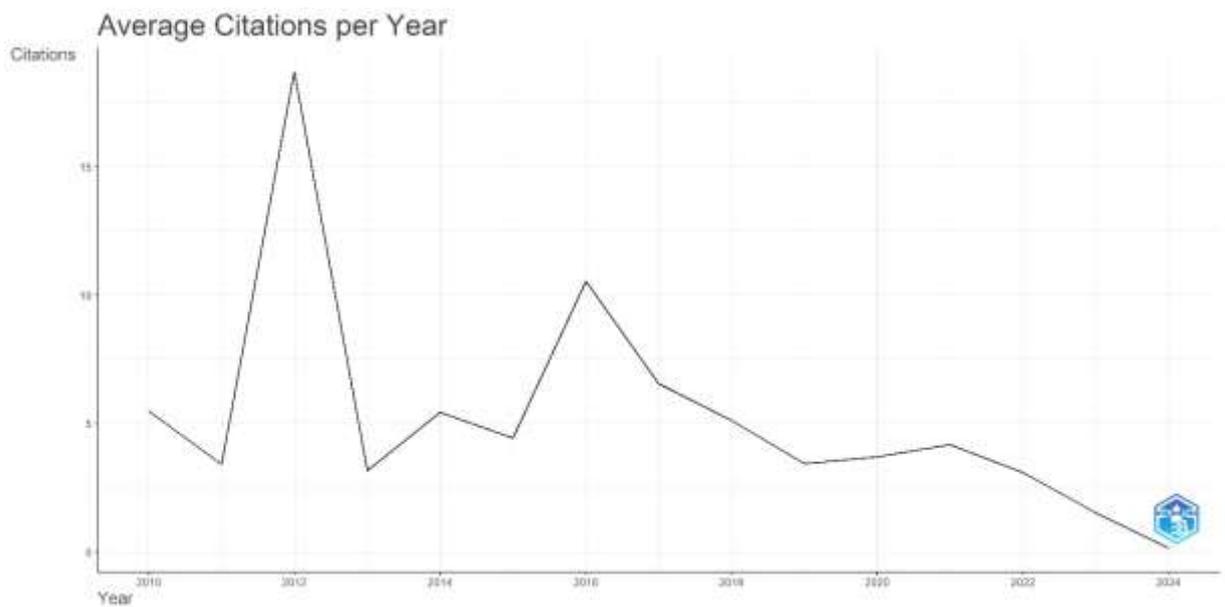
## ANEXOS

### Annual Scientific Production

Articles

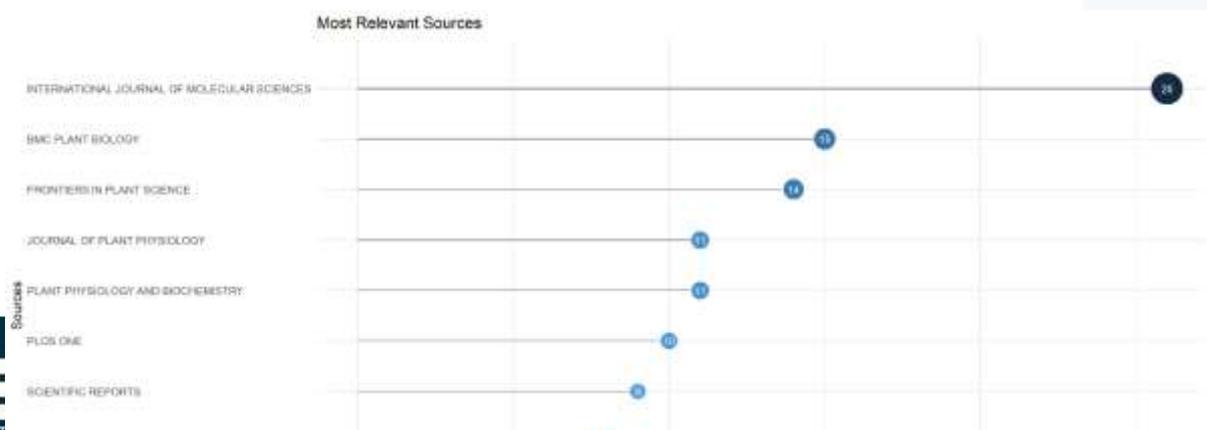
Anexo 1. Gráfico de producción anual científica del tema

Fuente: Bibliometrix

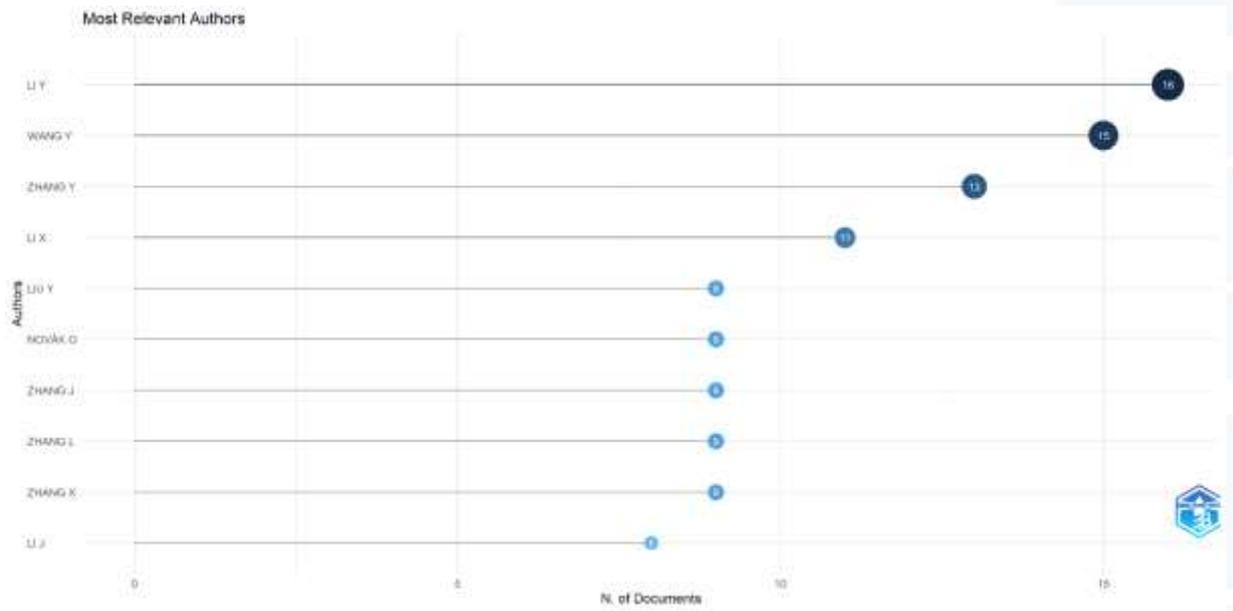


Anexo 2. Promedio de citas de literatura científica por año

Fuente: Bibliometrix

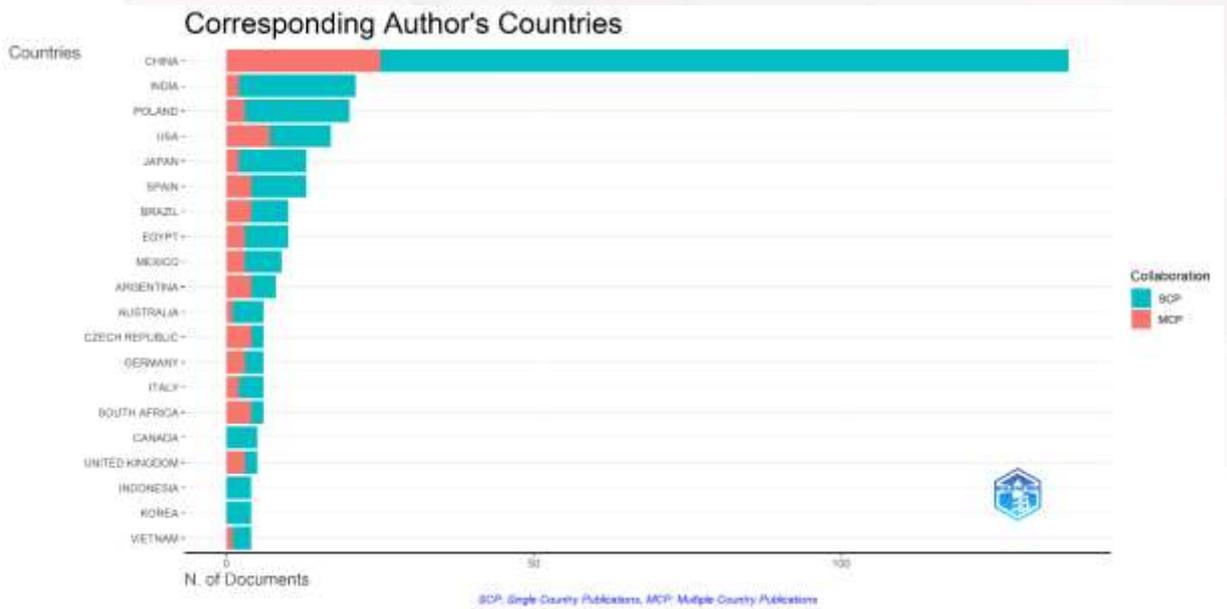


Fuente: Bibliometrix



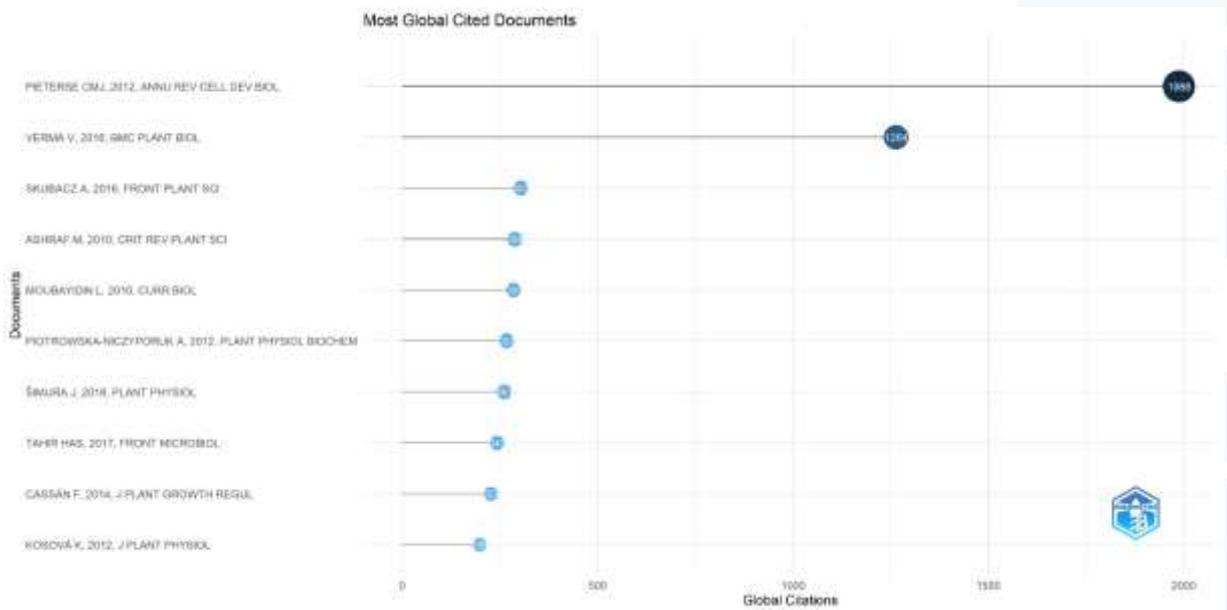
Anexo 4. Autores más relevantes

Fuente: Bibliometrix



Anexo 5. Países de los autores

Fuente: Bibliometrix

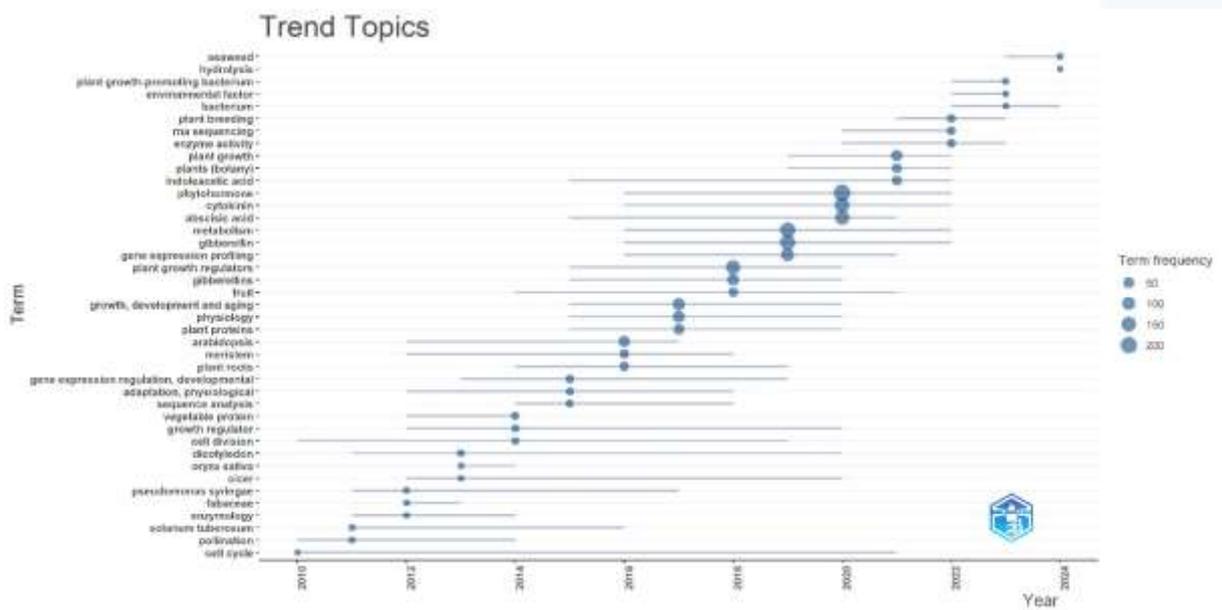


Anexo 6. Documentos más citados en todo el mundo

Fuente: Bibliometrix







Anexo 10. Temas en tendencia

**UNEMI**  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

*¡Evolución académica!*

@UNEMIEcuador

