

Estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la piña para identificar tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR en la región de Santander.

Diana Katherine Pico Pico

Plan de proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Industrial

Director

Jessica Eugenia Vásquez Báez

Ingeniera Industrial

Codirector

Luis Eduardo Becerra Ardila

PhD en Ingeniería, área gestión y desarrollo tecnológico.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga, Santander

2025

### **Dedicatoria**

*En primer lugar, deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios, fuente de toda fortaleza y sabiduría, por guiar mis pasos y otorgarme la capacidad de perseverar en este viaje de aprendizaje y crecimiento en mis constantes desafíos de mi diario vivir.*

*Además, quiero dedicar el presente trabajo investigativo principalmente a mi madre, Martha Lucía. Su presencia constante en mi vida ha sido un faro de luz y fortaleza. Siempre estuvo ahí para mí, alentándome y brindándome un apoyo incondicional que ha sido fundamental en cada paso que he dado y en cada logro alcanzado. Su guía y ejemplo han sido la brújula que ha orientado mi camino hacia el éxito.*

*Igualmente, deseo reconocer el esfuerzo propio que he invertido en este trayecto. Sé que no ha sido un camino fácil, pero en cada desafío superado he encontrado la oportunidad de crecer y fortalecerme. Cada obstáculo vencido ha sido un pilar sobre el cual he construido mi propio camino, acercándome cada vez más a mis metas.*

*Por último, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Hugo Antonio Gelvez, siendo esa persona especial que me ha inspirado a continuar. Por su amor, apoyo y comprensión, que han sido un soporte invaluable en este viaje. En los momentos difíciles, su presencia ha sido un bálsamo que ha calmado mis preocupaciones y en los momentos de éxito, su contribución ha sido fundamental para mi desarrollo personal y profesional.*

**DIANA KATHERINE PICO PICO**

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1. Definición del proyecto.....	16
1.1 Generalidades del Proyecto.....	16
1.1.1 Título.....	16
1.1.2 Modalidad.....	16
1.1.3 Tabla de Resultados .....	16
1.1.4 Nombre del Grupo de Investigación.....	17
1.2. Planteamiento del problema.....	17
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
2. Marco de referencia .....	20
2.1 Marco de antecedentes.....	20
2.2 Marco teórico.....	24
2.2.1 Proyecto Agrópolis MACTOR .....	24
2.2.2 Vigilancia Tecnológica .....	25
2.2.3 Agricultura 4.0.....	27
2.2.4 Industria 4.0 .....	28
2.2.5 Piña .....	28
2.2.5.1 Sector de la piña a nivel nacional e internacional.....	28
2.2.5.1.1 Tipologías Variedades de la Piña.....	32

2.2.5.2 Producción. ....	33
2.2.5.2.1 Cultivo.....	34
2.2.5.2.2 Cosecha.....	34
2.2.5.2.3 Poscosecha. ....	35
3. Diseño Metodológico.....	36
3.1 Fase 1- Revisión de literatura: Estado situacional y tendencias científicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña.....	37
3.1.1 Revisión de literatura gris. ....	37
3.1.2 Selección de base de datos y fuentes de información. ....	38
3.1.3 Prototipado y formulación de la ecuación de búsqueda.....	38
3.1.4 Definición de los criterios de inclusión, exclusión y calidad.....	39
3.1.5 Identificación de documentos relevantes y selección de muestra.....	40
4. Resultados.....	41
4.1 Análisis sobre tecnologías emergentes en el sector de la piña.....	41
4.2 Análisis Científico .....	43
4.2.1 Análisis bibliométrico.....	44
4.2.2 Análisis de literatura .....	50
4.3 Análisis de patentes en el sector estratégico de la piña .....	57
4.3.1 Dinámica global de patentes .....	57
4.3.1.1 Patentes a través del tiempo (años).....	59
4.3.1.2 Principales Instituciones líderes.....	61
4.3.1.3 Principales Inventores.....	62
4.3.1.4 Países líderes.....	62

4.3.1.5 Distribución por tipo de documento. ....	64
4.4 Dinámica de patentes por áreas temáticas. ....	65
5. Conclusiones.....	69
6. Recomendaciones .....	71
Referencias Bibliográficas .....	72

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
<i>Tabla 1 Cumplimiento de Objetivos de la investigación. ....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2 Tipología variedades de la Piña.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3 Criterios de inclusión. exclusión y calidad. ....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4 Crecimiento de producción intelectual a través del tiempo. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5 Tipos de Documentación .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 6 Áreas temáticas IPC.....</i>	<i>65</i>

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1 Metodología del proyecto.</i> .....	37
<i>Figura 2 Número de publicaciones por año.</i> .....	45
<i>Figura 3 Países con mayor número de publicaciones.</i> .....	46
<i>Figura 4 Esquema de países con mayor número de publicaciones.</i> .....	47
<i>Figura 5 Palabras Claves</i> .....	48
<i>Figura 6 Tipos de documentos publicados</i> .....	49
<i>Figura 7 Publicaciones por año.</i> .....	59
<i>Figura 8 Organizaciones Lideres.</i> .....	61
<i>Figura 9 Distribución de patentes por inventores.</i> .....	62
<i>Figura 10 Distribución de patentes de países lideres</i> .....	64
<i>Figura 11 Áreas temática</i> .....	66

### **Lista de Apéndices**

Apéndice A: Documentos seleccionados para el análisis de literatura

Apéndice B: Artículo

## Glosario

**Agricultura:** La agricultura representa una labor realizada por la humanidad, donde mediante el cultivo de la tierra se generan alimentos destinados a satisfacer las necesidades de la población. Es un proceso fundamental en la historia y el desarrollo de las sociedades, pues no solo provee alimentos básicos, sino que también impulsa la economía, fomenta la seguridad alimentaria y contribuye a la estabilidad social. (Análisis de Sistemas de Producción Animal Tomo 1: Las Bases Conceptuales,2024)

**Industria 4.0:** hace parte de las fases de la revolución industrial, caracterizada por la integración o convergencia entre tecnologías digitales y físicas que aportan en la optimización de los procesos de la cadena de suministro, sino que también contribuye al impulso de la innovación y evolución de los productos en los procesos de fabricación y producción.

**Tecnologías Emergentes:** son innovaciones en desarrollo que prometen transformar la forma en que vivimos, proporcionando mayor comodidad y eficiencia en nuestras actividades diarias. Estas tecnologías están en constante evolución y tienen el potencial de cambiar radicalmente diversos aspectos de la sociedad, desde nuestras interacciones personales hasta la manera en que las empresas operan y cómo se lleva a cabo. Estas tecnologías pueden abarcar una amplia gama de campos, como la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT), la computación en la nube, la biotecnología, la robótica, entre otros.

## Resumen

**Título:** Estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la piña para identificar tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el marco del proyecto Agrópolis Mactor en la región de Santander.\*

**Autor:** Diana Katherine Pico Pico \*\*

**Palabras Claves:** Agricultura, Agrópolis Mactor, Desarrollo regional , Gestión agrícola, Industria 4.0, Piña, Producción agrícola, Región de Santander, Tecnologías emergentes, vigilancia tecnológica.

### Descripción:

En diversos ámbitos económicos y sociales, se evidencia una creciente relevancia que destaca la necesidad de investigar las oportunidades emergentes en el sector de la producción de piña, reconociéndose la posibilidad de comprender la implementación de la tecnología de la industria 4.0 como una herramienta estratégica para superar las barreras competitivas presentes en este ámbito.

En la presente investigación enmarcada dentro del proyecto Agrópolis Mactor, desarrollado en la región de Santander se aborda la implementación de la vigilancia tecnológica como herramienta fundamental para asegurar un monitoreo y uso efectivo de información estratégica, lo que facilita la comprensión del entorno y promueve la competitividad. Este enfoque se fundamenta en la identificación de documentación científica asociados a temáticas clave como la vigilancia tecnológica, el sector de la piña y la industria 4.0, así como tecnologías emergentes. Además, se realiza un análisis de datos a nivel global para comprender el contexto, destacando la participación de diversos países en la temática del estudio y revelando aquellos con mayor contribución en términos de estudios y documentación relacionadas. En este sentido, el análisis de tendencias en innovación se apoyó en la revisión de patentes en el sector de la piña mediante una búsqueda sistemática en bases especializadas, lo que aportó en evidenciar una creciente adopción de invenciones que mejoran la eficiencia y sostenibilidad del sector. Este marco de antecedentes

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales . Programa de Ingeniería Industrial. Director: Jessica Eugenia Vásquez Báez. Codirector : Ph.D Luis Eduardo Becerra Ardila.

proporciona una base sólida para el desarrollo de la investigación y la formulación de conclusiones significativas sobre la importancia de la vigilancia tecnológica en la era actual.

### **Abstract**

**Title:** Technological surveillance study applied to the strategic pineapple sector to identify technologies associated with industry 4.0 in the framework of the Agrópolis Mactor project in the region of Santander.\*

**Author:** Diana Katherine Pico Pico<sup>††</sup>

**Keywords:** Agriculture, Agrópolis Mactor, Regional development, Agricultural management, Industry 4.0, Pineapple, Agricultural production, Santander region, Emerging technologies, technology watch.

#### **Description:**

In various economic and social areas, there is a growing relevance that highlights the need to investigate emerging opportunities in the pineapple production sector, recognizing the possibility of understanding the implementation of Industry 4.0 technology as a strategic tool to overcome the competitive barriers present in this area.

This research, framed within the Agrópolis Mactor project, developed in the Santander region, addresses the implementation of technology watch as a fundamental tool to ensure the monitoring and effective use of strategic information, which facilitates the understanding of the environment and promotes competitiveness. This approach is based on the identification of scientific documentation associated with key topics such as technology watch, the pineapple sector and industry 4.0, as well as emerging technologies. In addition, a global data analysis is carried out to understand the context, highlighting the participation of various countries in the subject of the study and revealing those with the greatest contribution in terms of studies and related documentation. In this sense, the analysis of trends in innovation was based on the review of

---

\* Bachelor Thesis

†† Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. Director: Jessica Eugenia Vásquez Báez. Codirector: Ph.D Luis Eduardo Becerra Ardila.

patents in the pineapple sector through a systematic search in specialized databases, which contributed in evidencing a growing adoption of inventions that improve the efficiency and sustainability of the sector. This background framework provides a solid foundation for the development of research and the formulation of meaningful conclusions about the importance of technology watch in the current era.

## Introducción

La vigilancia tecnológica en el sector de la piña puede ayudar a los agricultores a tomar mejores decisiones sobre el uso de los recursos, las prácticas agrícolas y los mercados. También puede permitirles identificar y adoptar nuevas tecnologías que puedan mejorar la productividad y la eficiencia de sus operaciones. Además, la agroindustria es una apuesta productiva nacional de la que depende ampliamente la economía colombiana. En los últimos años, el gobierno ha realizado grandes esfuerzos por implementar desarrollos tecnológicos que le permitan reorientar su cadena productiva hacia productos con valor agregado. Por lo tanto, es importante conocer las tendencias científicas relacionadas con la agroindustria para apoyar estos esfuerzos y contribuir al desarrollo del país (Andrade et al., 2017).

Por otro lado, desde la perspectiva social, la producción de piña en Colombia ha tenido un impacto positivo en la generación de empleo y el desarrollo económico en las zonas donde se lleva a cabo. Los agricultores, empleados de las plantas de procesamiento y transporte son algunos de los beneficiarios de esta actividad económica (Colombia Verde, 2023). Esta sinergia entre el avance tecnológico y los aspectos socioeconómicos refuerzan el papel clave de la piña en el panorama agrícola nacional, reafirmando su importancia para el crecimiento y bienestar del país.

Ahora bien, cabe destacar, la importancia que ha tenido la piña en Colombia en cuanto a exportaciones, en donde para el 2017 logro tener una dinámica internacional sobresaliente con cerca de USD11 millones exportados y un crecimiento cercano al 10% en relación con el 2016 (Legiscomex, 2018).

En concordancia con lo mencionado, la presente investigación surge debido a la creciente importancia observada tanto en áreas económicas como sociales, en donde se resalta la necesidad

de explorar las oportunidades que pueden aparecer en el sector de la piña y su producción como herramienta para superar barreras competitivas mediante la inclusión de la industria 4.0.

Aunado a lo expuesto previamente, este estudio se basa en una vigilancia tecnológica, la cual permite identificar la relevancia de la industria 4.0 en el sector de la piña y su impacto científico y tecnológico. El proyecto optimiza la información recopilada para contribuir con datos pertinentes y ser una base para futuras investigaciones, impulsando iniciativas innovadoras en el sector agrícola.

En cuanto a la importancia de investigaciones para el desarrollo regional, se destaca la contribución de este estudio al proyecto Agrópolis MACTOR. Dicho proyecto aborda temas como la falta de integración entre los agentes del Sistema Regional de Innovación en Santander, así como los desafíos del sector agropecuario en el país. Su objetivo es diseñar un modelo de trabajo colaborativo entre actores del sector agropecuario para desarrollar la Agrópolis de Santander - Magdalena Medio (Innotec, 2018).

Esta investigación abre oportunidades para comprender el sector y la dinámica de su estudio a nivel global, lo cual contribuye al desarrollo regional y al crecimiento económico sostenible. En este contexto, el estudio se estructura en diversos capítulos que abordan desde la definición del proyecto y sus objetivos hasta el análisis detallado de la vigilancia tecnológica en el sector de la piña. Se presenta un marco de referencia que contextualiza la investigación, seguido del diseño metodológico donde se detalla el proceso de búsqueda y análisis de información en bases de datos especializadas y se describe el enfoque adoptado, seguido de los resultados obtenidos, en búsqueda de tendencias, y en el cual se incluye un análisis bibliométrico, revisión de literatura y estudio de patentes destacando hallazgos clave en torno a las tecnologías emergentes

y su impacto en la agroindustria, para finalmente concluir con reflexiones y aportes significativos derivados del estudio.

## 1. Definición del proyecto

### 1.1 Generalidades del Proyecto

#### 1.1.1 Título.

Estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la piña para indicar tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el marco de proyecto Agrópolis Mactor en la región de Santander.

#### 1.1.2 Modalidad.

Trabajo de Investigación.

#### 1.1.3 Tabla de Resultados

##### Tabla 1

*Cumplimiento de Objetivos de la investigación.*

Objetivos Específicos	Resultados
Realizar un análisis de la situación actual de la región de Santander en términos de tecnologías emergentes en la industria 4.0 para el sector de la piña.	4.1
Elaborar una revisión de literatura, que permita identificar el estado y las tendencias científicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña.	4.2
Realizar un análisis de patentes, con el propósito de identificar el estado y las tendencias tecnológicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña.	4.3
Elaborar un artículo de carácter publicable con base en los resultados obtenidos al culminar la investigación.	Apéndice B

#### ***1.1.4 Nombre del Grupo de Investigación.***

Innotec

### **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad, se han implementado estudios de la vigilancia tecnológica con el propósito de asegurar el monitoreo y uso efectivo de información de naturaleza estratégica, lo que permite comprender el entorno y llegar a ser más competitivos (Moyares et al., 2018), en estas se integran múltiples disciplinas y ramas que pueden estudiarse e incluso adaptarse entre sí para la obtención de conocimiento más enriquecedor.

Partiendo de lo mencionado, se enfocan esfuerzos en el estudio del agro y de las Tecnologías Emergentes (T-E), en donde se reconoce el potencial de estas últimas para generar avances y transformaciones en pro del progreso, como se menciona en el estudio desarrollado por (Enciso y Hernández, 2016), en donde enfatiza la habilidad de las T-E para transformar la sociedad y crear cambios significativos mediante las innovaciones que surgen de ellas, haciéndolas potencialmente capaces de dar solución a múltiples necesidades de forma revolucionaria, lo que conlleva que sea esencial estudiarlas, comprenderlas, apropiarlas, adaptarlas y gestionarlas adecuadamente para aprovechar al máximo los beneficios que puedan ofrecer.

Además, el sector agro tiene un amplio rango de mejora que puede potencializarse de la mano de las T-E y que debe ser tratado con la prioridad pertinente, más aún en países como Colombia, en donde; “se toma relevante conocer las tendencias científicas relacionadas con la agroindustria, teniendo en cuenta que se constituye en una apuesta productiva nacional de la que depende ampliamente la economía colombiana” (USCO, 2017). Asimismo, autores como (Marbán, 2022), refuerzan lo dicho en proyectos como “ Sistema de agricultura inteligente para Smart Rural basado en tecnología emergente”, investigación en donde da a entender como la

introducción de la digitalización en las zonas rurales implica y acarreará en el porvenir una variedad de ventajas en diversos aspectos de las actividades agrícolas.

No obstante, para facilitar el desarrollo agrícola y la transición de los sistemas alimentarios tradicionales hacia una visión de la industria 4.0 en la agricultura, es crucial entender las limitaciones y riesgos por enfrentar, permitiendo que todos los países aprovechen su potencial (Franco da Silveira et al., 2021).

La relevancia del sector y la necesidad de abordar las crisis actuales plantean el desafío de transformar la producción y desarrollo de la industria agrícola mediante la implementación de innovaciones tecnológicas y de nuevos modelos de producción que puedan ser generadores de cambios, mismos que podrían asegurar el avance y la mejora del sector, al tiempo que contribuyen a resolver las crisis presentes en la actualidad ( ICADE, 2021).

Derivado de esos desafíos presentes, con el fin de superar deficiencias en el sector agrícola junto a la evidencia de una desventaja competitiva causada por la falta de implementación tecnológica como lo mencionan Salas y Ardila (2022), y ante la distribución poco equitativa de los beneficios potenciales en temas productivos y ambientales de la cuarta revolución industrial agrícola, denotando aún más una desventaja en la implementación y divulgación de forma uniforme de las tecnologías emergentes (Rose et al.,2021). Surge la necesidad de realizar una vigilancia tecnológica que permita brindar pautas e información pertinente para visualizar y alentar la implementación de las tecnologías en el sector de la piña.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Realizar un estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la piña en Santander, que permita identificar tecnologías emergentes y conocimientos asociados a la industria 4.0, con el fin de recopilar información pertinente y estructurarla para ser de apoyo en el sector agropecuario.

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Elaborar una revisión de literatura, que permita identificar el estado y las tendencias científicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña.
- Realizar un análisis de la situación actual de la región de Santander en términos de tecnologías emergentes en la industria 4.0 para el sector de la piña.
- Realizar un análisis de patentes, con el propósito de identificar el estado y las tendencias tecnológicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña.
- Elaborar un artículo de carácter publicable con base en los resultados obtenidos al culminar la investigación.

## 2. Marco de referencia

### 2.1 Marco de antecedentes

El marco de antecedentes actual es realizado con base a la identificación de proyectos de grado asociados a temáticas o pilares fundamentales del presente proyecto como vigilancia tecnológica, sector de la piña e industria 4.0 y/o tecnologías emergentes.

Inicialmente la monografía teórica titulada "Potencial de aplicación de la Agricultura 4.0 para la producción de piña en Santander", desarrollada por Salas y Ardila (2022), propone un esquema de aplicación de las tecnologías asociadas a la industria 4.0 al proceso de producción de piña para Santander, mediante una revisión documental que sea la base de un proyecto de implementación a futuro.

Bajo dicha premisa, la presente monografía resulta altamente relevante para comprender el proceso productivo de la piña y las tecnologías 4.0 en el área, dándose prioridad a la investigación documental sobre las tecnologías aplicadas en los procesos productivos, así como a la identificación de factores que afectan la adopción de la tecnología 4.0 en Santander.

Es importante destacar las dificultades específicas encontradas en los procesos de adaptación a la agricultura 4.0 en la producción de piña, las cuales se han deducido a partir de una exhaustiva revisión documental y la evaluación de diversas investigaciones. Estas dificultades se agrupan en categorías como las dificultades de implementación, que abarcan desafíos geográficos, ambientales, relacionados con los recursos y también con el cambio de mentalidad de los agricultores. Asimismo, se mencionan las dificultades organizacionales, que incluyen aspectos como los costos de inversión de capital, la diversidad del sector, la confidencialidad empresarial y los modelos de negocio. Además, se enumeran los retos sociales, como la falta de requisitos de

habilidades técnicas, la resistencia al cambio y la aceptación, y finalmente, se mencionan los desafíos tecnológicos que involucran la automatización de procesos, la complejidad del hardware y software, la falta de conectividad en las áreas rurales y la capacidad de procesamiento de datos.

Incluso, a través del análisis de la documentación, las autoras llegaron a la conclusión de que es fundamental implementar estrategias de bajo costo que permitan a los productores de piña acceder a las tecnologías y herramientas necesarias, con el respaldo y apoyo de las entidades gubernamentales.

A pesar de lo resaltado, la monografía aborda el tema de manera general al basarse únicamente en Google Scholar como fuente metodológica lo que brinda la posibilidad de indagar aspectos más específicos, como la participación investigativa a nivel global y su comparación con el enfoque regional mediante bases de datos científicamente reconocidas. Además, esta situación solo proporciona oportunidades para futuras investigaciones sin tener la posibilidad de analizar aspectos relacionados con invenciones y patentes.

En contraste, el trabajo de grado desarrollado por Rodríguez y Góngora (2019) que se conoce por el título “Estudio de vigilancia tecnológica aplicada a la lima Tahití en el marco del proyecto Agrópolis MACTOR” presenta un contexto basado en una revisión de literatura minuciosa desarrollada tanto en Google académico en términos de vigilancia competitiva, en Scopus respecto a la vigilancia tecnológica de la lima Tahití, con el fin de retribuir a la comunidad científica en la identificación de tendencias relacionadas a la fruta Tahití y finalmente en la búsqueda de patentes a nivel mundial.

Como resultado, de la revisión de literatura, las autoras pudieron conceptualizar la vigilancia competitiva como una función continua en el tiempo con el objetivo de detectar tendencias mediante la búsqueda de información que a partir de su observación es sometida a un

proceso de análisis y difusión. En cuanto a la vigilancia tecnológica de la lima Tahití, las autoras elaboran una comparación entre las capacidades nacionales y las tendencias mundiales, en donde se resalta a nivel geográfico-regional el óptimo desarrollo de múltiples regiones colombianas en el sector y se plantea como causa de lo mencionado, aspectos como las ventajas comparativas del trópico refiriéndose a las temperaturas, luminosidad y horas de luz, junto a otras condiciones.

Asimismo, menciona que a pesar de las ventajas geográficas que presentan diversas zonas del país, la competitividad de la lima Tahití nacional se ve restringida en comparación con otros países. Esto se debe, en parte, al enfoque tradicional de la agricultura, que no integra todos los eslabones de la cadena para agregar valor al trabajo del agricultor.

El estudio de vigilancia tecnológica y análisis de la cadena de valor de la lima Tahití señala factores clave para generar valor en el sector, especialmente cuando las exportaciones y ventas internas tienen bajos márgenes de utilidad. Los principales factores identificados incluyen la falta de estudios de suelos, personal no capacitado y escaso aprovechamiento de la lima Tahití. Además, Colombia ha tenido un crecimiento significativo en publicaciones científicas sobre cítricos en América Latina, aunque no se encontraron invenciones específicas para la transformación de la lima Tahití.

Sumado a lo ya mencionado, el trabajo de grado titulado “Estudio de vigilancia tecnológica para identificar tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el sector citrícola” desarrollado por (Muñoz, 2021), complementa la perspectiva de Santander en el sector agro, concretamente en productos cítricos.

La metodología de la investigación optó por cuatro fases, las cuales se basaron en información científica, estas fases parten de una revisión de literatura sobre la industria 4.0, posteriormente el análisis de literatura científica sobre el sector citrícola y un análisis de patentes

sobre cosecha y poscosecha de cítricos para finalmente concluir con la generación de un artículo de carácter publicable a disposición de la comunidad científica.

Como resultado, el trabajo de grado proporciona un análisis general del sector, señala la importancia de Colombia bajo su condición de país emergente y participe en las tendencias científicas de los cítricos mediante el aporte de estudios realizados a nivel país. Además, de los más específicos del departamento de Santander, del cual se destaca su comportamiento favorable a nivel productivo de cítricos para el año 2021.

Si bien resalta aspectos positivos, también se pone de manifiesto la escasez de contribuciones en términos de producción intelectual en la región. Esto se refleja en lo mencionado respecto a la carencia de patentes relacionadas con el área citrícola y la aplicación de la industria 4.0 en la cosecha y poscosecha por parte de instituciones tanto privadas como públicas

Derivado de dichas falencias, la autora plantea la importancia de tener en cuenta investigaciones realizadas en el país con el fin de ser tomadas como bases fundamentales a la hora de generar patentes a nivel nacional y departamental, concretamente de Santander.

Por otra parte, el trabajo de grado realizado por Ladino y Cárdenas (2020), titulado “Estudio de investigación para incrementar la productividad a través de la tecnificación de los procesos productivos de la piña de un pequeño productor del sector el tigre en la ciudad de Pereira”, trata de un estudio de tecnificación del proceso productivo de la piña, enfocado en pequeños piñicultores del corregimiento de Cerritos, que permita aumentar la productividad de su terreno.

Dicho trabajo se enfocó en la obtención de información y análisis de reportes e investigaciones sobre los métodos de tecnificación o estrategias que se utilizan actualmente en la

región, asimismo respecto a las tecnologías de la industria 4.0 que pudiesen ayudar a mejorar la competitividad y productividad de los cultivos.

Su metodología parte de una hipótesis en la cual les ayuda a reconocer la necesidad de implementar elementos de industria 4.0 en los procesos de tecnificación en los cultivos, mediante el desarrollo de técnicas que pudieran analizar e identificar cada elemento del entorno del estudio, revisar el estado del arte en relación con la necesidad de la información y la elaboración de entrevistas a productores, donde se observaron las herramientas actuales utilizadas en el proceso productivo.

Finalmente se generan las respectivas conclusiones y recomendaciones, también se observó la importancia de implementar una agricultura 4.0 y se presentó una amplia variedad de herramientas tecnológicas que sirven de apoyo para las actividades o procesos agrícolas específicos. El auge y la percepción que tenga el agricultor respecto a la industria 4.0 determinará su aporte y la capacidad para gestionar los cultivos y alcanzar beneficios o un mejoramiento de producción, rentabilidad y eficiencia.

## **2.2 Marco teórico**

### ***2.2.1 Proyecto Agrópolis MACTOR***

Agrópolis MACTOR es un proyecto surgido del macroproyecto Diamante Caribe y Santanderes, con el propósito de construir territorios de excelencia en Colombia. Su meta es establecer un modelo colaborativo entre los actores del sector agropecuario para impulsar el desarrollo de la Agrópolis de Santander y Magdalena Medio. En particular, el proyecto se enfoca en la vigilancia tecnológica para el sector estratégico del agro, identificando tendencias y tecnologías eficientes y sostenibles (Innotec, 2018).

Mediante proyectos consolidados, Agrópolis MACTOR persigue detectar tendencias, brechas y desafíos del sector agropecuario en la región, focalizando en líneas prioritarias para el departamento. Con este enfoque integral, pretende impulsar la innovación en la región y promover el crecimiento económico sostenible.

La investigación se enfoca en la vigilancia tecnológica para el sector estratégico de la piña, surgiendo a partir de uno de los objetivos específicos propuestos con base a la finalidad del proyecto Agrópolis MACTOR, que consiste en: " Realizar un estudio de vigilancia tecnológica aplicada al sector estratégico de la piña en Santander, que permita identificar tecnologías emergentes y conocimientos asociados a la industria 4.0, con el fin de recopilar información pertinente y estructurarse para ser de apoyo en el sector agropecuario”.

### ***2.2.2 Vigilancia Tecnológica***

En el ámbito comercial y productivo, la vigilancia se ha convertido en un proceso fundamental para el éxito y la supervivencia en un entorno cada vez más dinámico y competitivo. Según Castells y Bosch, (2001), la vigilancia se define como un proceso sistemático y organizado de recuperación de información, análisis, difusión precisa, sobre “hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por implicar una oportunidad o amenaza para ésta, con el objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”.

Además, la definición del Minciencias (2023) está íntimamente vinculada a la previamente presentada por los autores Castells y Bosch, en donde se define la vigilancia tecnológica de la siguiente manera:

Proceso organizado, selectivo y permanente, basado en la captura de información del exterior y de la propia organización, sobre ciencia y tecnología en un determinado sector de interés. La información recuperada posteriormente es seleccionada, analizada, difundida y comunicada a los decisores para convertirla en los conocimientos necesarios y suficientes para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

Es importante destacar, en línea con las definiciones previamente expuestas, el concepto de vigilancia tecnológica según el enfoque presentado por la Universidad del Valle (2023).

La vigilancia tecnológica se centra en el desarrollo de capacidades, la generación, apropiación y difusión de conocimiento para la toma de decisiones estratégicas en las empresas, las instituciones y los gobiernos; en respuesta a las dinámicas académicas, empresariales, productivas, sociales y de investigación e innovación que actualmente se desarrollan en las sociedades contemporáneas a través de métodos de inteligencia competitiva.

Asimismo, dentro de este contexto, es importante considerar la tipología de la vigilancia, esto con el fin de diferenciar la vigilancia tecnológica de las demás y mediante el análisis de la tipología poder adaptar estratégicamente las prácticas de vigilancia a las necesidades y objetivos específicos que se requieran.

Basado en la investigación de Palop y Vicente (1999) en donde se citan Martinet, B. y Ribault, J. quienes definen cuatro tipos de vigilancia:

- a) **Tecnológica** o centrada en el seguimiento de los avances del estado de la técnica y en particular de la tecnología y de las oportunidades / amenazas que genera.

- b) **Competitiva**, implica un análisis y seguimiento de los competidores actuales, potenciales y de aquellos con producto sustitutivo.
- c) **Comercial**, dedica la atención sobre los clientes y proveedores.
- d) **Entorno**, centra la observación sobre el conjunto de aspectos sociales, legales, medioambientales, culturales, que configuran el marco de la competencia.

### ***2.2.3 Agricultura 4.0***

En el contexto de la evolución de la industria agrícola, se ha desarrollado el concepto de agroindustria 4.0.

Según BASF líderes en producción de alimentos y expertos en apoyar el agro, agroindustria 4.0 se define como un conjunto de tecnologías enfocadas en la digitalización de los procesos agrícolas.

Este conjunto incluye equipos, software y sistemas diseñados para mejorar de manera integral el proceso de producción, logrando resultados más rápidos, eficientes y sostenibles. En la práctica, la agroindustria 4.0 implica una combinación impresionante de tendencias y datos en tiempo real. La información recopilada a partir de este proceso se convierte en una guía para que los productores tomen decisiones más informadas y acertadas en sus empresas agrícolas; Además, la automatización a gran escala a través del Internet de las Cosas y la Inteligencia Artificial desempeñan un papel fundamental en la agroindustria 4.0, permitiendo una optimización aún mayor de las funciones agrícolas (BASF, 2022).

En definitiva, cuando se habla de lo que es la agricultura 4.0, se trata de la tecnología digital como aliada para la realización de procesos agrícolas más productivos, autónomos y eficaces.

### **2.2.4 Industria 4.0**

En el ámbito de la transformación digital y la fabricación inteligente, surge la Industria 4.0 como un concepto que redefine el sector industrial. Según IBM (s. f.) la Industria 4.0 representa “la materialización de la transformación digital del sector, que ofrece toma de decisiones en tiempo real y una productividad, flexibilidad y agilidad mayores”.

Por otro lado McKinsey (2022) hace mención de la Industria 4.0, también conocida como Cuarta Revolución Industrial o 4IR, como la siguiente etapa en la evolución digital del sector manufacture; esta nueva fase está “impulsada por tendencias disruptivas que incluyen el aumento de datos y conectividad, análisis, interacción hombre-máquina y mejoras en robótica”.

Esta revolución industrial conlleva una promesa de cambio significativo, donde se combinan técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integran en organizaciones, personas y activos (Deloitte, 2022). También destaca la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el Internet de las cosas (IoT), entre otros, al igual que enfatiza, respecto a lo crucial de comprender el potencial de esta cuarta revolución industrial, ya que su impacto trasciende los límites de múltiples sectores, afectando incluso la sociedad en su conjunto.

### **2.2.5 Piña**

A continuación, se visualizan algunas características propias del sector de la piña en cuanto a producción, generalidades y panorama nacional e internacionalmente.

**2.2.5.1 Sector de la piña a nivel nacional e internacional.** Mundialmente se reconoce a la piña como un producto altamente productivo, en donde el comportamiento de la producción ha venido presentando crecimiento desde el año 2010, pasando de cosechas que suman 947.710

hectáreas correspondientes a 21,064 millones de toneladas 1.098.705 hectáreas correspondientes a 27,402 millones de toneladas en 2017, oscilando el rendimiento promedio de los cultivos de esta fruta entre las 22,24 toneladas por hectárea y 25,38 toneladas por hectárea. Convendría enfatizar la presencia de la piña en continentes como África, Asia y América, resaltando la participación de Nigeria quien para el 2017 fue el principal cultivador con 200.010 hectáreas cosechadas, seguido por India, con 111.000, China, con 80.115, Tailandia, con 86.454 y Brasil, con 62.116 (Flórez et al., 2020, p. 70). Los países mencionados, presentan una tendencia creciente con excepción de Brasil, siendo llamativa la dinámica de Colombia, en donde por su parte muestra una tendencia creciente, pasando de 12.984 hectáreas cultivadas en 2011 a 26.140 hectáreas en el 2017 con una producción de 945.219 toneladas (Flórez et al., 2020, p.71).

A nivel global, los países tropicales dominan el mercado. Según la FAO, en 2022 la producción mundial de piña fue de aproximadamente 29,36 millones de toneladas (t). Los tres mayores productores fueron Indonesia (3.203.780 t), Filipinas (2.914.425 t), Costa Rica (2.909.750 t) y Tailandia aportó (1.714.000 t), ubicándose también entre los siete principales productores. En comparación, la producción de Colombia (1,17 Mt en 2019) es mucho menor. América Latina representa cerca del 23% de la producción global, liderada por países como Costa Rica, Filipinas, Tailandia y Brasil (FAO, 2022).

A nivel nacional, la producción de piña ha experimentado un crecimiento del 62% entre 2014 y 2019. Solo en este último año se produjeron aproximadamente 1.174.995 toneladas, de las cuales Santander aportó 506.040 toneladas, representando alrededor del 43% del total nacional. Según cifras de 2021, Santander mantuvo el primer lugar con 388.214 toneladas, seguido por Meta (147.661 t) y Valle del Cauca (146.375 t). Estos tres departamentos concentran el 65% del área plantada y de la producción total del país (Minagricultura, 2019).

Por otro lado, en materia de exportaciones, Santander aumentó su presencia en el mercado internacional en 2022, con un crecimiento del 91,7% respecto al año anterior y un valor total de USD 258.195. No obstante, entre enero y abril de 2023, las exportaciones nacionales totales cayeron un 69,21% frente al mismo periodo de 2022, totalizando USD 410.296,90. Esto refleja una marcada volatilidad en el comportamiento del mercado externo (Legiscomex, 2023).

Además del crecimiento productivo, se deben resaltar diversas iniciativas regionales orientadas a la incorporación de tecnologías emergentes en el sector agropecuario, particularmente aquellas relacionadas con la Industria 4.0. En febrero de 2025, la Universidad de Santander (UDES) participó en el taller “Smart Industry: Transformación del sector tecnológico mediante la Analítica de Datos”, organizado por el SENA y realizado en la Cámara de Comercio de Bucaramanga. Este evento evidenció el creciente interés por aplicar herramientas como la inteligencia artificial y la analítica de datos en procesos agroindustriales, destacando su potencial para optimizar y modernizar la producción agrícola en la región (UDES, 2025).

Otras iniciativas relevantes en Santander refuerzan esta tendencia hacia la modernización tecnológica del agro en diversos cultivos . Entre ellas se encuentran los Pilotos Agro 4.0 del MinTIC, que dotaron a pequeños productores de café, cacao y aguacate con sensores inalámbricos (IoT) y tecnología satelital, permitiéndoles acceder a datos en tiempo real para fomentar prácticas agrícolas sostenibles. También destaca el proyecto AgroTIC–Cítricos (UIS–ACITRISIM), desarrollado en Simacota, que emplea dispositivos móviles e imágenes captadas con teléfonos inteligentes para estimar la oferta agrícola y analizar el estado de los cultivos mediante índices de vegetación. Las universidades de la región, como la UNAB y la UIS, han avanzado en el uso de IoT y robótica agrícola, incorporando redes LoRa y drones para monitorear viveros y cultivos experimentales. Además, comienzan a consolidarse aplicaciones 4.0 como las soluciones de

trazabilidad con blockchain, principalmente en sectores como la ganadería lechera, aportando valor en términos de seguridad alimentaria. Paralelamente, la UNAB investiga el uso de redes LoRa e IoT para el monitoreo ambiental en sistemas hidropónicos. A nivel nacional, estudios recientes respaldan la transformación del agro colombiano mediante tecnologías como sensores inteligentes, inteligencia artificial y drones, mejorando notablemente la eficiencia y trazabilidad de las actividades productivas.

En línea con esto, el Plan Departamental de Extensión Agropecuaria (PDEA) de Santander 2024–2027, formulado por la Agencia de Desarrollo Rural (ADR), establece una estrategia integral para mejorar el sector agropecuario del departamento. Dicha estrategia contempla prácticas agrícolas sostenibles y resilientes al cambio climático, fortalecimiento organizativo de los productores y acceso a tecnologías emergentes como sensores inteligentes, riego automatizado, análisis de datos y dispositivos IoT (ADR, 2024).

En cuanto a lineamientos de política pública, el Documento Técnico de la Política Pública de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) para Santander 2023–2032, aprobado mediante ordenanza departamental, plantea un marco orientado a fortalecer el ecosistema de innovación en la región. Promueve la adopción de tecnologías emergentes, el cierre de brechas en conectividad rural y la articulación entre la academia, el gobierno y el sector productivo. Aunque no se centra exclusivamente en el cultivo de piña, sus lineamientos resultan aplicables y pertinentes para el desarrollo de este sector, al facilitar la incorporación de soluciones avanzadas y formación técnica para los productores.

Asimismo, el Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI) de Santander, en su hoja de ruta, plantea como prioridad estratégica el fortalecimiento de sectores agroindustriales mediante tecnologías 4.0. Esto incluye el desarrollo de capacidades en analítica

de datos, trazabilidad, sostenibilidad e investigación aplicada en cultivos como la piña (CODECTI, 2023).

### ***2.2.5.1.1 Tipologías Variedades de la Piña***

La piña cuenta al menos con 100 variedades, sin embargo, solo de seis a ocho son cultivadas comercialmente; siendo el híbrido MD-2 (Gold) la más conocida y representativa, misma que cuenta con unas características diferenciales como lo son su aroma y sabor exquisito (Flórez et al., 2020, p. 30-34).

A continuación, en la Tabla 2 se presentan las variedades más reconocidas de piña.

**Tabla 2**

*Tipología variedades de la Piña.*

<b>Tipo</b>	<b>Características Diferenciales</b>	<b>Usos</b>
MD-2 (Gold)	Aroma y sabor exquisito. Doble contenido de vitamina C con respecto a otras especies. Aporte calórico moderado.	Consumo en fresco. Pulpas. Conservas.
<b>Tipo</b>	<b>Características Diferenciales</b>	<b>Usos</b>
Cayena Lisa (Smooth)	Contenido de azúcar 13-19 °Brix. Tolerancia a colapso Poscosecha. Pulpa de color amarillo pálido.	Producción de jugo. Consumo en fresco. Agroindustria.
Perolera	Bajo contenido de azúcar 12 °Brix. Buena producción de retoños / Colinos. Resistente a Fusarium. Susceptible a daño mecánico.	Consumo en fresco.
Española de Singapur	Pulpa amarilla dorada. Contenido de azúcar entre 10-12 °Brix.	Usada para producción de piña enlatada

	Jugo de alta calidad.	
	Alta producción de brotes.	
Green Selacia	Mutación de la española de Singapur. Similar en calidades a su cultivar original.	Enlatados
	Orientada al mercado en fresco.	
	Color de la pulpa amarillo dorado.	
Queen	Contenido de azúcar entre 14-18 °Brix. Alta tolerancia a patógenos, plagas y estrés.	Mercado en fresco
	Contenido de azúcar medio de 12 °Brix.	
Española Roja	Alta producción de retoños/colinos. Tolerancia a altas temperaturas y humedad. Resistente a sequías.	Consumo en fresco
	Alto contenido de azúcar entre 13 y 16 °Brix.	
Perola	Alto contenido de ácido ascórbico. Resistente a sequías. Resistente a Fusarium.	Consumo en fresco

*Nota.* Adaptación variedades de la piña, tomado de Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia, (Flórez, 2020, págs. 33-34).

**2.2.5.2 Producción.** La piña, perteneciente a la familia Bromeliácea, es una planta herbácea perenne que se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales de América. Tiene hojas largas y espinosas que rodean un tallo de aproximadamente un metro de altura. La fruta de la piña es de tipo compuesto, incluye flores de color lavanda, junto con brácteas adheridas a un eje central, estas estructuras se vuelven carnosas y se unen en grupos de ocho para formar el fruto de la piña, que madura aproximadamente cinco meses después de la floración (ANDIA, 2019, pág. 7).

**2.2.5.2.1 Cultivo.** La piña prospera en diversos tipos de suelos, aunque es fundamental que se le brinde condiciones óptimas de aireación y drenaje. Debido a esta última consideración, no se hace viable cultivar en suelos propensos a la acumulación de agua. Por otra parte, el material utilizado para la propagación de la piña son los colinos, que pueden encontrarse tanto en la base del fruto como en las axilas de la planta. Los retoños de las axilas de las hojas son los más adecuados para la reproducción, ya que permiten acelerar el tiempo necesario para la producción en varios meses. Sin embargo, uno de los principales desafíos radica en el transporte de estos retoños y en obtener la cantidad suficiente de material para la siembra (Argüello y Herrera, 1999).

Antes de proceder con la siembra, es necesario desinfectar los colinos que provengan de cultivos afectados por ácaros, cochinillas o enfermedades como *Phytophthora*. En cuanto, a la plantación, esta se lleva a cabo al comienzo de la temporada de lluvias, utilizando surcos simples o dobles. En áreas de cultivo tradicionales, la distancia entre las plantas debe ajustarse de acuerdo con el tamaño y la asociación con otras especies cultivadas, sugiriendo distancias que varían desde 70 cm hasta 1.5 metros, dependiendo de la exuberancia del cultivar. Asimismo, se recomienda preparar y abonar el terreno de cultivo dos a tres meses antes de la siembra (Argüello y Herrera, 1999, p. 8).

**2.2.5.2.2 Cosecha.** El momento de la cosecha se determina por el cambio de color de la fruta, que comienza a mostrar un tono menos pronunciado (más claro) y en algunas variedades emite un aroma distintivo. Es importante destacar que una vez que se ha recolectado, el fruto de la piña no madura más, ya que se considera un fruto no climatérico. Por lo tanto, la cosecha se realiza cuando el fruto ha alcanzado al menos una cuarta parte de su madurez, permitiendo que tenga una vida útil adecuada para llegar al mercado (ICA, 2012).

En cuanto a su recolección, se lleva a cabo de forma manual utilizando un cuchillo para cortar el pedúnculo a una longitud de 10 a 15 cm, esto junto al uso de canastillas que carga en la espalda el recolector. El proceso implica eliminar dos o tres colinos basales y luego cortar el pedúnculo de la fruta (ICA, 2012).

**2.2.5.2.3 Poscosecha.** El manejo poscosecha es una etapa crucial en la cadena de producción de la piña, donde se llevan a cabo una serie de pasos fundamentales para garantizar la calidad y la conservación óptima de la fruta.

En primer lugar, se realiza la limpieza meticulosa de las piñas recién cosechadas, eliminando cualquier material no proveniente de la piña que pueda conllevar con su presencia alguna alteración negativa del fruto. Usualmente el proceso se desarrolla bajo inmersión en agua limpia. A continuación, se lleva a cabo la selección y clasificación de las piñas, en la selección se separa los frutos que no puedan ser vendidos o procesados por su calidad, ya sea debido a unidades que hayan sido cortadas, magulladas, deformes o que presenten daños causados por plagas, enfermedades, fluctuaciones climáticas o incluso si presentan múltiples coronas. En cuanto a clasificación, esta es muy subjetiva ya que se basa en los requisitos del mercado en cuanto a su peso con el fin de determinar niveles de calidad (Argüello y Herrera, 1999, p. 11).

Finalmente, el transporte de las piñas se realiza de manera cuidadosa y eficiente para evitar daños y asegurar que lleguen en óptimas condiciones a su destino. Esto implica utilizar métodos de manipulación adecuados ya que esta actividad influye directamente en la conservación de la calidad (Argüello y Herrera, 1999, pág. 11).

### 3. Diseño Metodológico

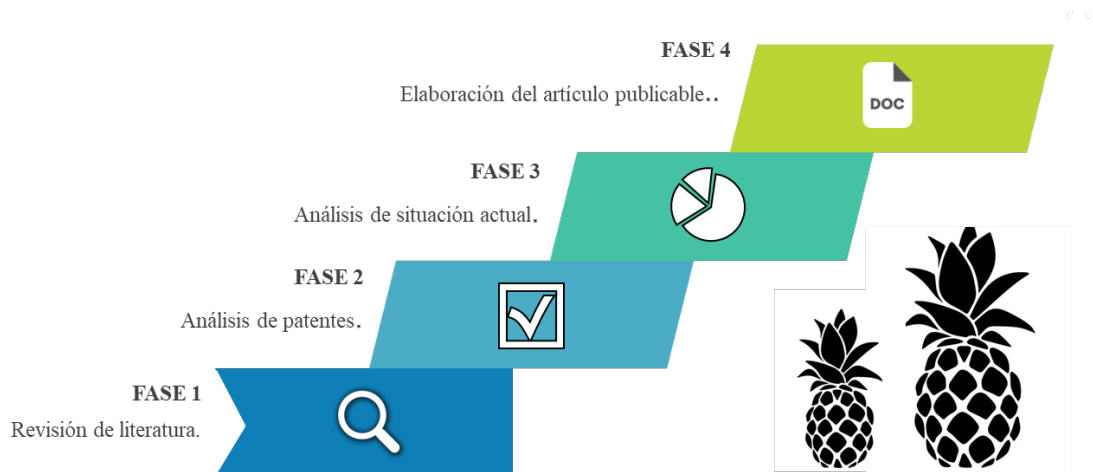
A continuación, se presenta en la figura 1, las fases de la metodología propuesta para este proyecto de investigación, de manera que se cumpla con cada uno de los objetivos propuestos.

En la primera fase, se desarrolla la revisión de literatura relacionado a la industria 4.0 en el sector de la piña, con el fin de detallar el contexto de la temática y su estado situacional, abordándose desde un enfoque metodológico mixto, integrando tanto factores cualitativos como cuantitativos para una comprensión más completa del fenómeno estudiado.

En la fase 2, se plantea el análisis de patentes relacionadas con la temática de investigación, teniendo presente las siguientes secciones, primero la identificación de factores y/o palabras clave, segundo el desarrollo de una ecuación de búsqueda basada en dichos factores para su respectivo análisis, tercero la recopilación y análisis de la información encontrada y por último reporte del estado del estudio para la identificación de patentes.

En la tercera fase de la investigación, se lleva a cabo el cumplimiento del tercer objetivo, el cual consiste en el análisis de la literatura y revisión web, para revisar el panorama de la situación actual de la región en términos de la aplicación de tecnologías emergentes de la industria 4.0 en la producción de piña en la región de Santander.

Una vez llevadas a cabo las fases anteriores para la vigilancia tecnológica en la industria 4.0 en el sector de la piña, se redactó un artículo de carácter publicable.

**Figura 1***Metodología del proyecto.*

### **3.1 Fase 1- Revisión de literatura: Estado situacional y tendencias científicas asociadas a la industria 4.0 en el sector de la piña**

Durante esta fase, se procede a examinar exhaustivamente los artículos científicos relevantes en el campo de estudio, acompañado de un análisis detallado con el objetivo de comprender conceptualmente el tema central de la investigación. Asimismo, se exploran las contribuciones potenciales desarrolladas en el sector de la piña especialmente en el ámbito de la industria 4.0.

En esta instancia, se realizan unas etapas clave para comprender el tema de investigación a profundidad, estas son:

#### **3.1.1 Revisión de literatura gris.**

Se denomina literatura gris al “conjunto de documentos de muy diversa tipología que no son editados o que se publican, pero se distribuyen a través de canales poco convencionales (actas de congresos, informes de investigación, memorias, proyectos, patentes, normas, etc.)”

(Universidad de la caruña, s,f). En otras palabras, la literatura gris se refiere a un tipo de información y fuentes de investigación que no están ampliamente difundidas o publicadas en medios académicos tradicionales.

Es importante destacar que la literatura gris puede ser una fuente valiosa para complementar la revisión bibliográfica convencional y ampliar la comprensión de un tema de investigación al proporcionar información no disponible en otras fuentes más conocidas o difundidas.

### ***3.1.2 Selección de base de datos y fuentes de información.***

En el contexto de la investigación, se ha tomado en cuenta la relevancia de las bases de datos académicas proporcionadas por la Universidad Industrial de Santander, como Scopus, Web of Science, Springer, Science Direct y ProQuest. Específicamente, se ha considerado apropiado utilizar la base de datos bibliográfica Scopus debido a su amplio reconocimiento en el ámbito científico y su riguroso proceso de evaluación de las revistas y contenido que se publican en ella. Scopus se distingue como una base de datos de primera categoría en términos de citas y ofrece una amplia cobertura en diversas disciplinas, englobando revistas de gran influencia en todas las áreas de conocimiento.

### ***3.1.3 Prototipado y formulación de la ecuación de búsqueda.***

Una vez seleccionada Scopus como la base de datos para recopilar la información, se procede a elaborar la ecuación de búsqueda utilizando las palabras clave obtenidas durante la revisión de literatura gris. Se emplean los operadores lógicos de la base de datos, como AND, OR, NOT y EXCLUSIVE, para construir una ecuación que limite la cantidad de información obtenida.

Además, mediante una iteración constante, se identificaron palabras clave no deseadas a medida que se iban visualizando los resultados. Estas palabras clave fueron anexadas a la ecuación para acotar aún más la búsqueda. Este proceso se realizó mediante la evaluación de múltiples documentos, donde también se identificaron los tipos de documentos y los años más relevantes para la investigación, lo que permitió segmentar aún más la búsqueda (Ver en apéndice B).

Con estas acciones, se logra establecer y evaluar una ecuación de búsqueda final que cumple con los criterios deseados en términos de valoración, cantidad ideal y artículos identificados previamente.

A continuación, la ecuación resultante:

TITLE ABS KEY:

```
(( ( agr* OR farming OR crops OR cultivat* OR harvest* OR postharvest OR post-
harvest OR production OR storage OR pulp ) AND ( pineapple* OR anana OR "anana*
comosus" ) AND technolog* ) AND NOT ( waste* OR antioxidants OR physicochemical
OR biomass OR acid ) ) AND PUBYEAR > 2008 AND ( EXCLUDE ( DOCTYPE , "cr" ) OR
EXCLUDE ( DOCTYPE , "sh" ) )
```

### ***3.1.4 Definición de los criterios de inclusión, exclusión y calidad.***

A partir de los datos recopilados en la base de datos utilizando la ecuación de búsqueda diseñada, se genera una visión fundamentada en información científica sobre la implementación de la vigilancia tecnológica en el sector estratégico de la piña. Este enfoque se centra en examinar el estado de la industria 4.0 en dicho sector y su panorama a nivel internacional, empleando un

análisis bibliométrico (herramienta que ayudo a rastrear la actividad científica relacionada con cualquier tema mediante datos estadísticos, proporcionando así una perspectiva científica sólida).

**Tabla 3**

*Criterios de inclusión. exclusión y calidad.*

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Inclusión	Documentos encontrados en la base de datos multidisciplinaria de Scopus. Documentos de idioma Inglés y Español.
Exclusión	Documentos superiores a 14 años de antigüedad. Documentos de tipo revisión de conferencia y encuestas cortas. Documentos relacionados con palabras claves tales como: Residuos, Antioxidantes, Fisicoquímicos, Biomasa y Ácido.
Calidad	Los documentos utilizados para la realización de la metodología son los publicados en revistas con relevancia y reconocimiento.

### ***3.1.5 Identificación de documentos relevantes y selección de muestra***

Inicialmente, la ecuación de búsqueda se planteó a partir de conceptos básicos y primordiales asociados a la temática de la industria 4.0 y su incidencia en el sector de la piña, dentro de lo cual se tuvo en cuenta palabras clave tales como: Pineapple, Agriculture y technology.

Posteriormente, con base a la necesidad de obtener un refinamiento de artículos menos generalizados y más alineados a los conceptos desde el punto de vista de disciplinas industriales y mediante una perspectiva acerca de los resultados más habituales junto a la terminología existente

en torno a la temática, se procedió a la inclusión de nuevos términos como cultivat, postharvest, production, anana y "anana comosus".

Con base a lo resultante se hizo una inspección por títulos y abstracts en busca de determinar términos existentes que no tuvieran pertinencia en la investigación y de este modo filtrar la ecuación de búsqueda con aquellas palabras clave, temas o conceptos irrelevantes en la búsqueda.

Se realiza una segmentación final, desarrollada por años, áreas y tipos de documentos. La premisa principal es considerar los años con mayor presencia de investigaciones, manteniéndose actual, sin superar los 14 años de antigüedad. El rango de artículos encontrados abarca desde 2009 hasta la fecha actual en 2023. Del mismo modo, las áreas y tipos de documentos se segmentan según el número de investigaciones vitales para la continuidad y eficiencia de los resultados de la investigación, como se muestra en la tabla 3.

Posterior a el desarrollo de las segmentaciones pertinentes en la investigación, se concluyó con una ecuación de búsqueda final, la cual permitió obtener un total de 161 artículos. Gracias a esta exhaustiva metodología, se logró obtener una muestra representativa de investigaciones base para el análisis y las conclusiones de este estudio.

## **4. Resultados**

### **4.1 Análisis sobre tecnologías emergentes en el sector de la piña**

El análisis de la situación actual de Santander en términos de tecnologías emergentes aplicadas a la industria 4.0 para el sector de la piña revela que, hasta el momento, no se ha identificado específicamente en el Plan de Desarrollo de Santander una estrategia dedicada a la implementación directa de estas tecnologías en el cultivo de piña. Sin embargo, a nivel nacional,

el gobierno colombiano ha mostrado un interés creciente en fortalecer el sector agrícola con el uso de herramientas tecnológicas, como lo demuestra el proyecto Agro 4.0. Este proyecto busca incrementar la productividad y competitividad de pequeños y medianos productores agrícolas mediante la implementación de tecnologías emergentes como IoT, inteligencia artificial y blockchain. Aunque este proyecto no está centrado en la piña, establece una base que podría ser replicada en la región de Santander, contribuyendo al desarrollo del sector piñero (C4IR, 2024).

Además, se destaca la importancia de las inversiones en tecnología realizadas por el gobierno nacional. En 2021, se asignaron \$550.000 millones para proyectos de ciencia, tecnología e innovación, con la meta de alcanzar \$30 billones en los próximos 10 años. Esta inversión está alineada con los esfuerzos por mejorar la competitividad de la agricultura mediante la integración de tecnologías avanzadas. Aunque la inversión en tecnología está aumentando, las brechas de conectividad siguen siendo un desafío. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Colombia necesita una inversión significativa, alrededor de US\$110.089 millones para la conectividad móvil y US\$842.056 millones para la conectividad fija, lo cual es crucial para la implementación efectiva de las tecnologías 4.0 en el sector agropecuario. Este contexto de inversión y desarrollo digital es fundamental para el éxito de iniciativas como Agro 4.0 en Santander, pues la infraestructura de conectividad permitirá que los productores locales aprovechen las tecnologías emergentes (Arenales, 2022).

En relación con la adopción de tecnologías emergentes, el informe de la OCDE (2022) también enfatiza la necesidad de fortalecer la productividad agrícola mediante la implementación de herramientas de Agricultura 4.0, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT). El informe destaca que el gobierno ha comenzado a hacer esfuerzos importantes para apoyar la transición hacia una agricultura más digitalizada, pero aún persisten desafíos. El proyecto Agro

4.0, en particular, ofrece ejemplos de cómo la incorporación de sensores agroclimáticos, imágenes satelitales y drones en otras cadenas productivas podría ser extendido a la piña en Santander. La integración de estos avances tecnológicos sería un paso fundamental para mejorar la productividad y la competitividad del sector piñero, a la par de lo que ya está ocurriendo en otros cultivos como el café y el cacao (AGROSAVIA, 2023).

A nivel de la industria de la piña, aunque no se ha identificado una implementación directa de tecnologías 4.0 en el cultivo, se observa que empresas como Bengala Agrícola, pionera en la producción de piña de exportación en Colombia, están utilizando tecnología avanzada en el proceso de producción y manejo poscosecha. Desde la importación de maquinaria especializada hasta el monitoreo satelital de la carga para asegurar la calidad del producto, este tipo de innovación en la cadena productiva es un ejemplo de cómo la industria piñera en Colombia podría beneficiarse de una mayor digitalización (Franco & Barona, 2018).

## **4.2 Análisis Científico**

La presente búsqueda, fue desarrollada en la base de datos científica “Scopus”, debido a que, sirve como fundamento sólido para su posible generalización, al tratarse de una base de datos reconocida a nivel académico y ampliamente aceptada en múltiples campos. De esta forma, la revisión se ejecutó mediante el uso de la ecuación de búsqueda resultante, y tiene como objetivo explorar el estado actual del conocimiento en relación con la aplicación de la industria 4.0 en el sector de la piña a nivel científico, mediante el análisis y la síntesis de la literatura científica más relevante, se busca identificar las principales aplicaciones de la industria 4.0 en el sector de la piña, terminología común y temáticas relevantes relacionadas.

Junto a lo mencionado, se identificaron datos relevantes para comprender el contexto a nivel global, como es el caso de los países y su participación en la temática de estudio, dándose a conocer los países con mayor aportación de estudios y la documentación relacionada.

Esta revisión de literatura busca proporcionar una visión integral de los avances y tendencias actuales, contrastando la participación general de la comunidad científica y sus aportes desde el año 2009 hasta mediados de 2023.

#### ***4.2.1 Análisis bibliométrico***

Al observar los datos recopilados en la figura 2, se puede evidenciar que el número de artículos relacionados con la temática ha mostrado fluctuaciones irregulares a lo largo de los años, teniéndose una cantidad de artículos publicados que oscilan de entre un mínimo de 5 para el año 2012 y un máximo de 23 en 2022; Siendo el año 2020 el que marcó un incremento significativo en la cantidad de artículos publicados, pasando de 12 en el 2019 a 20 en 2020, superando los resultados más altos hasta el momento en cuanto a la temática de estudio.

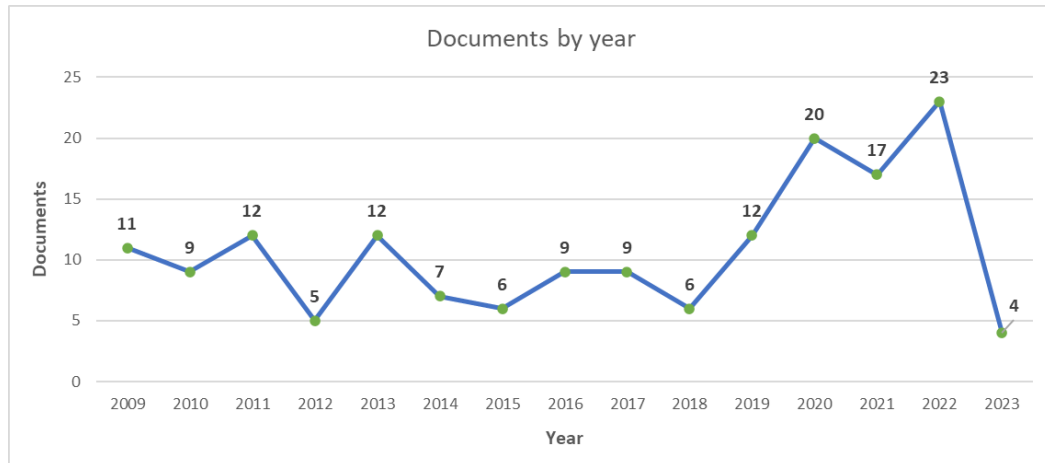
Sin embargo, puede concluirse que, después de los picos observados en 2020, la cantidad de artículos publicados se estabiliza en el primer semestre del 2023, alcanzando niveles similares a los anteriores a 2020. En comparación con los años 2020, 2021, y 2022, se visualiza una disminución en la recurrencia con la que se aborda la temática de la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en el sector de la piña.

Asimismo, se observa que, para el año 2023, a pesar de considerar los artículos generados hasta el primer semestre (es decir, finales de junio y principios de julio), la cantidad de publicaciones no alcanza ni la mitad de lo registrado en el año anterior, con tan solo cuatro (4)

artículos. En contraste, el año 2022 fue el de mayores aportes científicos, con un total de veintitrés (23) publicaciones.

## Figura 2

*Número de publicaciones por año.*

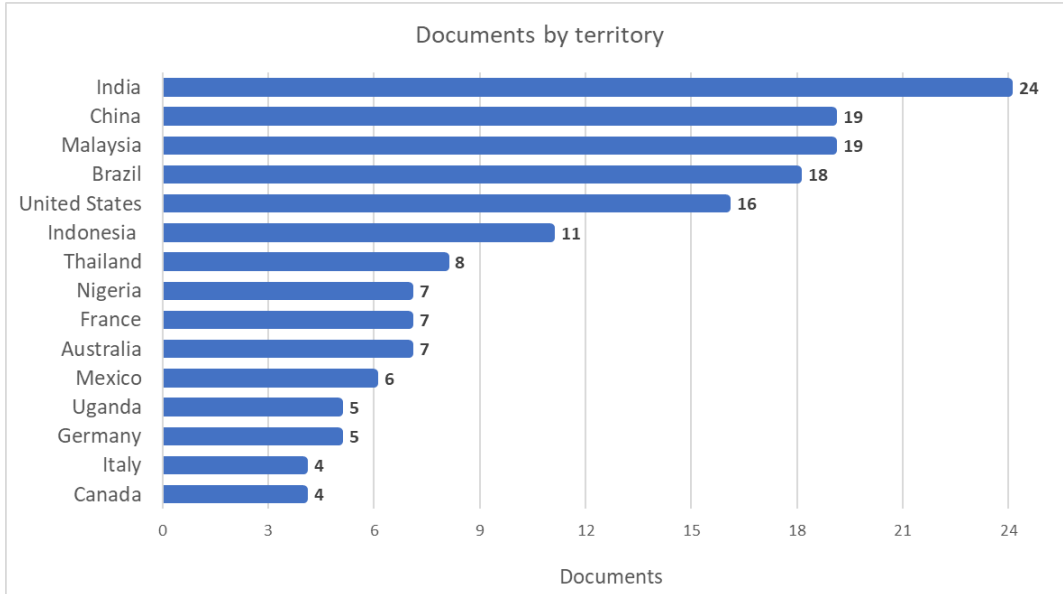


*Nota : Tomada base de datos Scopus*

En la figura 3 y 4, que países emergentes como Indonesia, Brasil, Malasia y China tienen una presencia significativa en términos de la cantidad de artículos publicados. Estos países han mostrado un enfoque destacado en la industria 4.0, lo que puede reflejar un crecimiento en el desarrollo industrial y tecnológico.

**Figura 3**

*Países con mayor número de publicaciones.*



*Nota :Tomada base de datos Scopus*

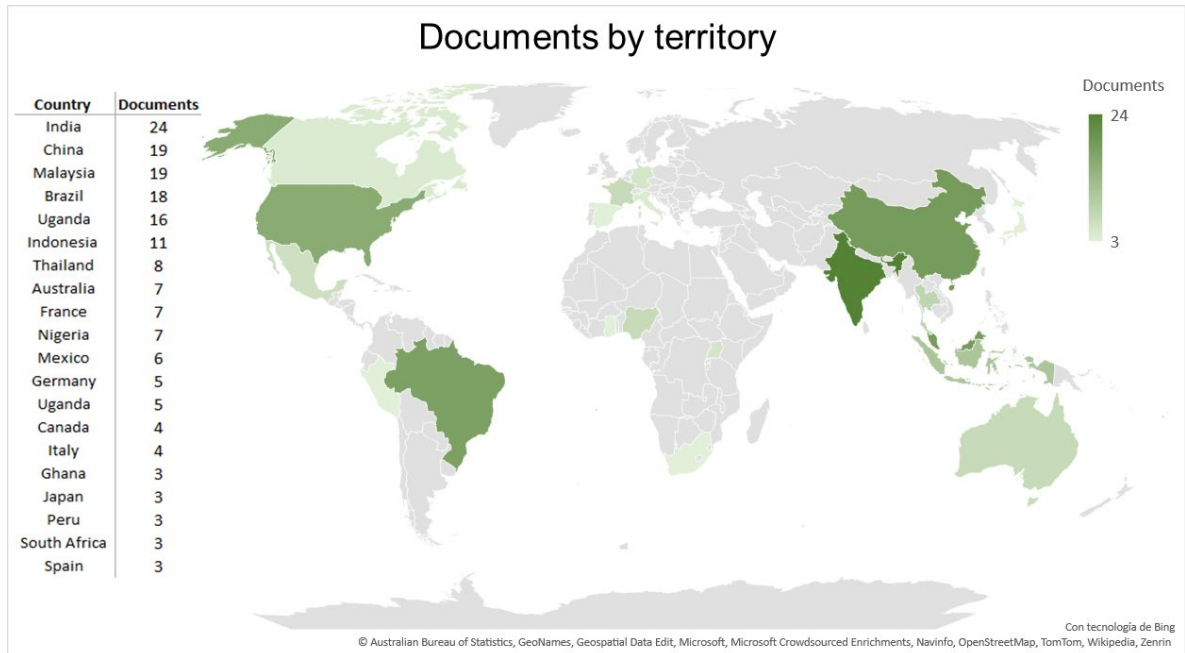
Adicionalmente, los datos indican una amplia representación geográfica, como se ve en la figura 4, la cual nos permite visualizar la participación de países de diferentes continentes involucrados en la búsqueda de la industria 4.0 en el sector.

Con esto se resalta la importancia global y el alcance internacional relacionada a esta temática, así como el interés por explorar las implicaciones y aplicaciones de la industria 4.0 en diversas regiones y actividades. Sin embargo, se evidencia que la producción de artículos publicados sobre la industria 4.0 en el sector de la piña a nivel nacional es relativamente baja e incluso escasa en comparación con algunos de los países mencionados. Además, puede considerarse como una oportunidad para aumentar la investigación y el desarrollo en este campo en Colombia. Las investigaciones en esta temática pueden ayudar y aportar al auge actual sobre la

transformación digital y la industria 4.0 impulsando el desarrollo de nuevos proyectos a nivel nacional.

#### Figura 4

*Esquema de países con mayor número de publicaciones.*



*Nota :Tomada base de datos Scopus*

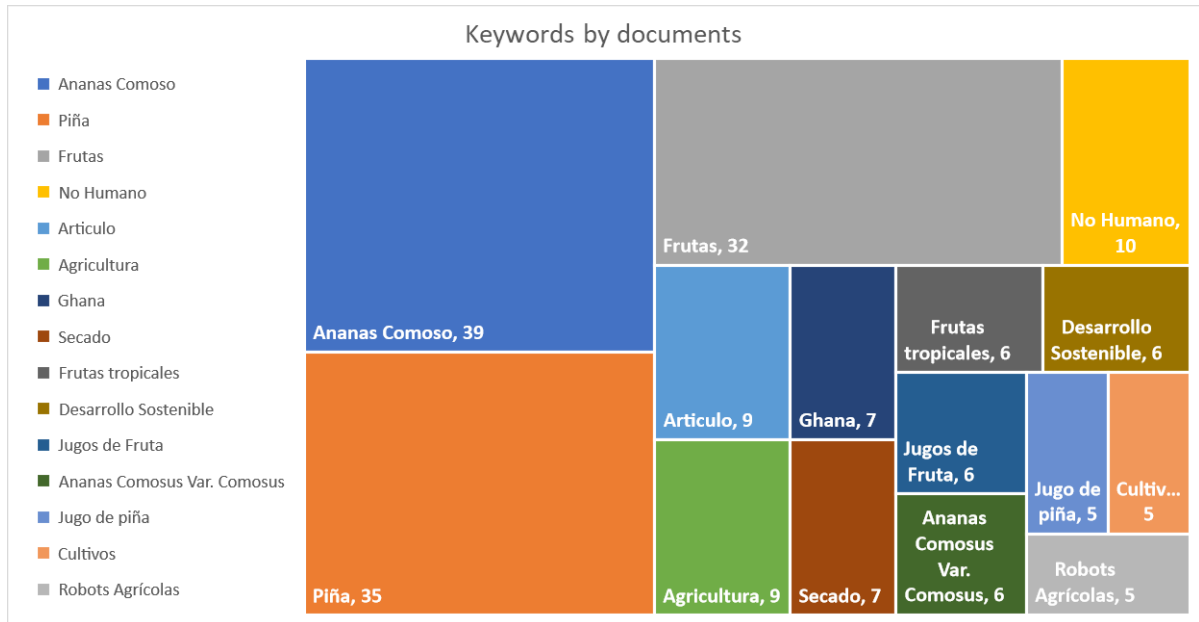
Ahora bien, como se evidencia en la figura 5, las palabras clave “Ananas Comoso”, “Piña” y “Ananas Comosus Var. Comosus” son las más frecuentes en los documentos encontrados, lo que nos demuestra la efectividad de la ecuación de búsqueda a la hora de tener un enfoque específico en la piña como cultivo y temática principal de investigación en el contexto de la industria 4.0 en el sector agrícola.

Cabe resaltar que, como temáticas inherentes de la búsqueda elaborada, se identificaron palabras clave, tales como: “Frutas”, “Agricultura”, “Secado” y “Cultivos”, las cuales reflejan en la investigación un enfoque de la industria 4.0 sobre múltiples eslabones de la cadena de valor de

la piña. Estas palabras clave sugieren la integración de conocimientos y prácticas relacionados con diferentes áreas, como la agronomía, la tecnología de alimentos y la agricultura sostenible.

**Figura 5**

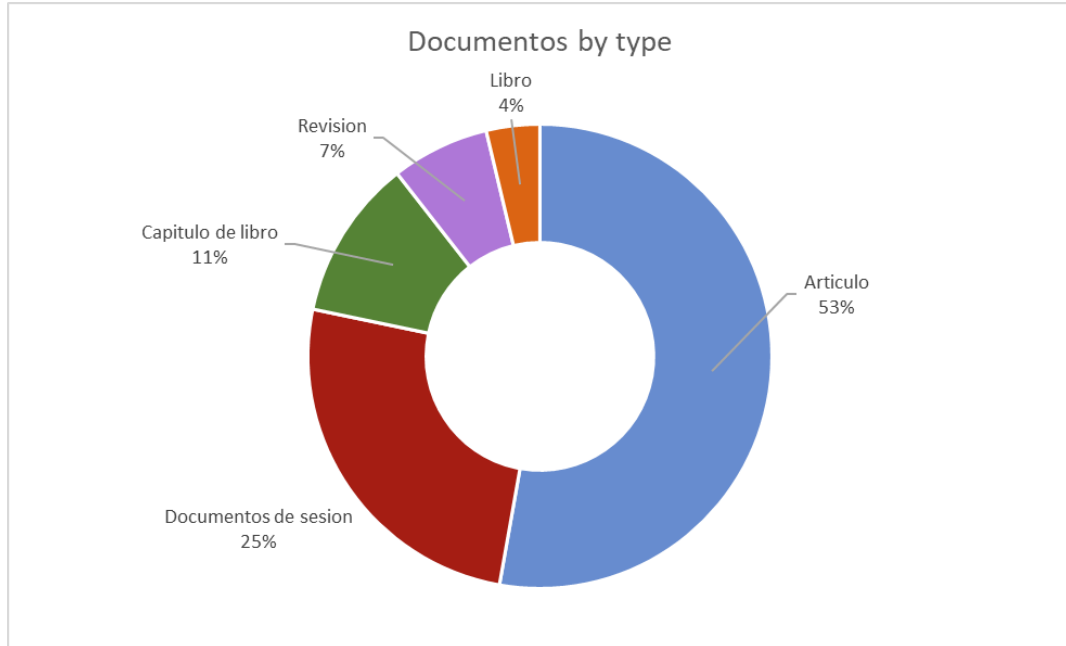
*Palabras Claves*



*Nota :Tomada base de datos Scopus*

También podemos añadir, la presencia de palabras clave específicas, tal es el caso de “Robots Agrícolas” y “No Humano” mismas que denotan un interés en la implementación de tecnologías y automatización en el sector agrícola. Esto puede incluir el uso de robots, sistemas de control automatizados y otras soluciones tecnológicas en el cultivo y procesamiento de la piña.

En general, estos resultados sugieren que la investigación sobre la industria 4.0 en el sector de la piña se centra en aspectos específicos de la cadena de valor de la piña, incluyendo la producción, y el procesamiento. Además, se observa un enfoque multidisciplinario y un interés en la implementación de tecnologías avanzadas.

**Figura 6***Tipos de documentos publicados*

*Nota :Tomada base de datos Scopus*

En resumen, el análisis de los tipos de documentos encontrados sobre la industria 4.0 en el sector agrícola de la piña muestra lo siguiente:

- Los artículos son el tipo de documento más común, lo que refleja un enfoque académico y científico en la exploración de la industria 4.0 en este sector.
- Los documentos de sesión son frecuentes, indicando que la investigación se discute y comparte en conferencias y eventos especializados.
- Los capítulos de libro están presentes, lo que sugiere contribuciones más amplias y enfoques multidisciplinarios en la temática.

En menor medida se ven representadas las revisiones de literatura, al ser estas relevantes al permitir la evaluación y síntesis del conocimiento existente sobre la industria 4.0 en el sector

agrícola de la piña. En cuanto a los libros tienen una presencia más limitada, pero terminan de ofrecer una perspectiva integral sobre el tema.

En síntesis, el análisis revela que la investigación sobre la industria 4.0 en el sector agrícola de la piña se realiza a través de una combinación de artículos científicos, documentos de sesión, capítulos de libro, revisiones y libros. Este enfoque multidimensional resalta el compromiso académico y práctico en la exploración y el avance del conocimiento en este campo.

#### ***4.2.2 Análisis de literatura***

A partir de la revisión de la información mencionada en el análisis bibliométrico, en la que se examinaron datos globales sobre la participación de distintos países, así como la identificación de terminología común y aplicaciones clave en la temática, se llevó a cabo el presente análisis de literatura. Este estudio, basado en la documentación recopilada, tiene como objetivo identificar el estado actual y las tendencias de investigación relacionadas con la aplicación de la industria 4.0 en el sector de la piña.

Dentro de estas tendencias, se observa un aumento en las investigaciones durante épocas de crisis, destacándose un incremento en los estudios coincidiendo con la pandemia.

Esto hace que la industria 4.0 en el agro, en sectores como la piña, sea de gran interés a nivel global para afrontar retos. Lo mencionado, es justificable, dado que, la aplicación de tecnologías agrícolas inteligentes puede ayudar en la adopción de prácticas de ahorro en mano de obra e insumos, así como a lograr una gestión óptima de la logística, minimizando el impacto de la pandemia en la cadena de suministro (Mohamad et al., 2022).

Además, en la revisión se evidenció un auge en la investigación de la temática, particularmente en países asiáticos como India, China y Malasia. Estos han mostrado un creciente

interés en la implementación de la industria 4.0 en el sector agrícola, destacando la piña como un cultivo que ha cobrado importancia en términos económicos, siendo esta, la especie más relevante dentro de la familia Bromeliaceae, así como la tercera fruta tropical de mayor importancia económica a nivel mundial. En el caso de China, el cultivo de piña ha experimentado un significativo crecimiento, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos por lo que la demanda de diferentes variedades es cada vez más urgente (li Jing et al., 2022).

Incluso en países como Brasil, uno de los principales productores, se presentan grandes variaciones en sus sistemas de producción debido a los contrastes en las condiciones ambientales regionales y los factores sociales. En este país, la piña es cultivada mayoritariamente por pequeños agricultores que utilizan pocos insumos, lo que limita su competitividad en mercados internacionales y orienta la producción hacia los mercados nacionales. Estas disparidades en recursos reflejan los desafíos que enfrentan tanto los productores como los comerciantes, especialmente en regiones con menores recursos tecnológicos y económicos (Reinhardt, 2019).

A diferencia de Brasil, países como Costa Rica e Indonesia han desarrollado industrias de piña altamente tecnificadas, orientadas principalmente hacia los mercados internacionales, lo que les permite competir en términos de calidad y volumen en el comercio global. Por otro lado, Australia, a pesar de contar con niveles tecnológicos similares a estos grandes exportadores, destina su producción mayoritariamente al mercado interno.

Ahora bien, esta dinámica de investigación refleja cómo la Industria 4.0 ha comenzado a transformar profundamente el sector de la piña, lo cual se evidencia en los avances tecnológicos documentados en la literatura reciente, evidenciándose el impacto de estos avances desde el cultivo hasta la poscosecha y la sostenibilidad ambiental, posicionándolo como un motor clave de innovación y competitividad global.

En el ámbito del cultivo, se destacan herramientas como el asistente inteligente presentado en **"Smart Intelligent Pineapple Farming Assistant Agent (SIPFAA)" (2022)**, que utiliza redes neuronales para identificar enfermedades y chatbots para resolver problemas agrícolas, proponiendo estrategias que mejoran la eficiencia y sostenibilidad de los cultivos. Complementando estas iniciativas, los sistemas basados en IoT han demostrado ser fundamentales para el monitoreo de fertilización y la gestión de condiciones del suelo, permitiendo mantener la productividad incluso en contextos adversos como la pandemia, según lo documentado en **"Smart Farming IoT Based Management during Post Covid-19" (2022)**. Por otro lado, tecnologías como drones equipados con cámaras multiespectrales, detalladas en **"Mapping of Peat Soil Physical Properties by Using Drone-Based Multispectral Vegetation Imagery" (2020)**, facilitan la correlación entre las propiedades físicas del suelo y la salud de los cultivos, permitiendo una planificación agronómica más precisa y decisiones fundamentadas.

En el área de poscosecha, los avances tecnológicos han sido igualmente significativos. Modelos avanzados de aprendizaje profundo, como el algoritmo YOLO-v4, han optimizado la detección de la madurez de la fruta, ayudando a reducir pérdidas y mejorar la calidad del producto, como se describe en **"Improved YOLO object detection algorithm to detect ripe pineapple phase" (2022)**. Las tecnologías de secado también han evolucionado, como se evidencia en **"Drying behaviour and optimization of drying conditions of pineapple puree and slices using refractance window drying technology" (2022)**, donde la tecnología RED ha permitido mantener los nutrientes y las propiedades sensoriales de la piña durante el procesamiento, ofreciendo soluciones sostenibles y eficientes. Asimismo, los métodos de conservación multiobjetivo, que combinan el control del pH, la actividad del agua y el uso de empaques especializados, garantizan una mayor estabilidad química y microbiológica en la piña almacenada,

como lo explora **"Multi Target Preservation as an Effective Post-harvest Processing Technology for the Chemical and Microbiological Stability of Pineapple (Ananus Comosus)" (2020)**.

Es importante señalar un aspecto importante de la Industria 4.0 en el sector de la piña es la reutilización de subproductos y el desarrollo de materiales sostenibles. Por ejemplo, las fibras de hojas de piña han sido utilizadas para la producción de papel biodegradable, contribuyendo a la economía circular y reduciendo la dependencia de recursos forestales, según lo descrito en **"Preparation and characterization of irradiated magnetic pineapple leaves for paper production" (2021)**. De manera similar, la cáscara de piña ha demostrado ser una fuente viable para la extracción de pectina mediante tecnologías asistidas por microondas, un proceso que reduce el impacto ambiental y aporta valor agregado a este residuo agrícola, como se indica en **"Microwave-assisted extraction of pectin from pineapple peel" (2021)**.

El mejoramiento genético también ha sido un componente clave en el avance del sector. En **"Developing single nucleotide polymorphism markers for the identification of pineapple (Ananas comosus) germplasm" (2015)**, se analizan los marcadores SNP como herramientas eficaces para reducir la redundancia genética y mejorar la selección de cultivares, aumentando la resiliencia de los sistemas agrícolas. Este tipo de innovación es esencial para enfrentar desafíos globales como la demanda creciente de alimentos y las fluctuaciones climáticas. Por otro lado, la investigación socioeconómica ha mostrado cómo el cultivo de piña puede empoderar comunidades locales y contribuir a mercados internacionales. Por ejemplo, en el noreste de la India, las prácticas sostenibles han elevado la calidad del producto y fomentado el desarrollo social, como se documenta en **"Pineapple cultivation in North East India - A prospective venture" (2011)**.

En este sentido, la industria de la piña también ha adoptado tecnologías de conservación avanzada, como el uso de radiación ionizante para extender la vida útil del producto y mantener sus propiedades sensoriales. Esto se destaca en estudios como **"Ionizing energy for shelf-life longevity on pineapples' ready-to-eat status"** (2017) y **"The effects of gamma radiation in the post-harvest conservation of pineapple cv. Smooth Cayenne"** (2017), los cuales demuestran cómo estas técnicas garantizan la calidad en mercados globales, especialmente en exportaciones de larga distancia. Además, el impacto económico de la adopción de tecnologías sostenibles ha sido abordado en trabajos como **"Sustainable Technology Adoption as a Source of Competitive Advantage for Pineapple Production in Ejigbo, Nigeria"** (2023), que resalta cómo estas prácticas fortalecen la competitividad de los productores frente a mercados internacionales.

En conjunto, la investigación reciente refleja una transformación profunda del sector de la piña bajo el marco de la Industria 4.0. Tecnologías digitales, prácticas sostenibles, mejoramiento genético y la valorización de subproductos están redefiniendo el cultivo y manejo de esta fruta tropical, posicionándola no solo como un recurso estratégico en términos de sostenibilidad y seguridad alimentaria, sino también como un motor de desarrollo económico en regiones productoras. Este enfoque integral fomenta la resiliencia del sector frente a los retos del cambio climático y la globalización, abriendo nuevas oportunidades para agricultores, industrias y consumidores en un mercado cada vez más competitivo.

En este sentido, la incorporación de tecnologías avanzadas sigue ampliando las posibilidades de la Industria 4.0 en el sector de la piña, destacándose nuevas áreas de aplicación en cultivo, poscosecha y logística. En áreas como el ámbito de la conservación, se destaca el estudio **"Experimental Studies of Drying Pineapple with An Active Indirect Solar Tunnel Dryer in Malaysia"** (2021) que pone de manifiesto el impacto positivo de la tecnología de secado

solar de túnel activo. Este sistema no solo reduce la humedad de la fruta desde el 89% al 12,5%, sino que también minimiza los costos asociados al almacenamiento y transporte. Su enfoque basado en convección forzada mejora la eficiencia térmica y mantiene las propiedades de la piña, optimizando así la sostenibilidad en regiones tropicales como Malasia. Este avance resalta cómo las innovaciones en conservación pueden abordar desafíos asociados a la perecibilidad de los productos agrícolas, asegurando una mayor vida útil con menor impacto ambiental.

En el área de la recolección automatizada, el artículo "**Research on Spatial Positioning System of Fruits to be Picked in Field Based on Binocular Vision and SSD Model**" (2021) presenta avances significativos en el desarrollo de sistemas de posicionamiento espacial para robots agrícolas. Mediante el uso de cámaras de profundidad binocular y modelos mejorados como SSD basados en redes profundas, este sistema permite identificar frutas como piñas en entornos complejos con alta precisión, incluso bajo oclusión de malezas o superposición de objetos. Con una velocidad de procesamiento de 16,74 cuadros por segundo, este modelo mejora notablemente la eficiencia y robustez de la recolección automatizada, lo que representa un paso clave hacia la implementación de robots en operaciones agrícolas de gran escala.

Por otro lado, la inteligencia artificial también está transformando la gestión de recursos mediante el conteo automatizado de piñas en grandes extensiones de terreno. En "**Artificial Intelligence Model Implementation in Web-Based Application for Pineapple Object Counting**" (2019), se desarrolló una aplicación basada en IA que, utilizando imágenes aéreas y el modelo Keras-RetinaNet, permite optimizar la distribución de recursos como fertilizantes, agua y materiales de embalaje. Este tipo de tecnología no solo mejora la precisión y eficiencia operativa, sino que también minimiza errores humanos, lo que refuerza el papel de la inteligencia artificial como catalizador en la agricultura moderna.

La monitorización de los recursos y el impacto ambiental también están siendo transformados por la teledetección. El trabajo de **"Use of satellite remote sensing as a monitoring tool for land and water resources development activities in an Indian tropical site" (2018)** resalta cómo el análisis de datos satelitales puede medir cambios en la vegetación y el uso de recursos hídricos en plantaciones de piña. Aplicando índices como el NDWI y EVI, el estudio muestra un incremento notable en el vigor de la vegetación en las plantaciones de piña, reflejando la efectividad de estas herramientas para evaluar y planificar la sostenibilidad de actividades agrícolas en contextos tropicales. Este enfoque combina imágenes satelitales y datos de campo para mejorar la gestión de recursos, mostrando su potencial como herramienta de apoyo en políticas agrícolas.

Finalmente, la logística y el transporte en la cadena de suministro de la piña han sido optimizados mediante tecnologías como las etiquetas RFID. En el artículo **"Application of RFID technologies in the temperature mapping of the pineapple supply chain" (2009)**, se demuestra cómo estas etiquetas permiten un seguimiento en tiempo real de la temperatura en las fases de transporte y almacenamiento. La capacidad de registrar y recuperar datos rápidamente mejora la calidad del producto final al prevenir abusos de temperatura que podrían comprometer su frescura. Las etiquetas RFID con sonda, en particular, son esenciales para monitorear tanto la temperatura ambiente como la interna de la pulpa, lo que asegura que la piña llegue en óptimas condiciones a los mercados internacionales.

Estos desarrollos ilustran cómo la Industria 4.0 está redefiniendo el manejo de la piña, desde el cultivo hasta la comercialización. La combinación de tecnologías de secado, recolección automatizada, inteligencia artificial, teledetección y trazabilidad en la cadena de suministro demuestra un enfoque integral hacia la sostenibilidad, eficiencia y competitividad del sector. A

medida que estas innovaciones se implementan a mayor escala, el sector de la piña no solo mejora sus procesos, sino que también responde a los desafíos ambientales y económicos de un mercado global cada vez más exigente.

### **4.3 Análisis de patentes en el sector estratégico de la piña**

A continuación, se presenta el análisis del estado de tendencias tecnológicas en el sector de la piña a nivel general. Para este proceso se hace una búsqueda con ayuda de la base de datos en línea especializada en patentes y literatura Patent Lens, iterando con palabras tales como, “Pineapple”, “Tech\* o Technologies”, “Agriculture o Crops o Harvest” y “Emerging Technologies”, lo que permite establecer una ecuación final acorde a los objetivos establecidos.

#### **4.3.1 Dinámica global de patentes**

Se presenta a continuación el análisis de la dinámica global de patentes relacionadas con el sector estratégico de la piña en donde se opta por elaborar una ecuación de búsqueda en la plataforma Lens, con el propósito de optimizar la selección de datos pertinentes. Durante este proceso, se identifica la necesidad de excluir términos como "Emerging Technologies" y "Agriculture o Crops o Harvest", debido a que los resultados obtenidos en la primera iteración no se alineaban con los objetivos de la investigación. En consecuencia, se toma la decisión de incorporar palabras clave específicas y pertinentes a las tecnologías emergentes, con el fin de obtener resultados más coherentes con el sector en estudio. Esta adaptación en la estrategia de búsqueda conduce a la formulación de una ecuación final satisfactoria y ajustada a los requerimientos del estudio, como se presenta a continuación:

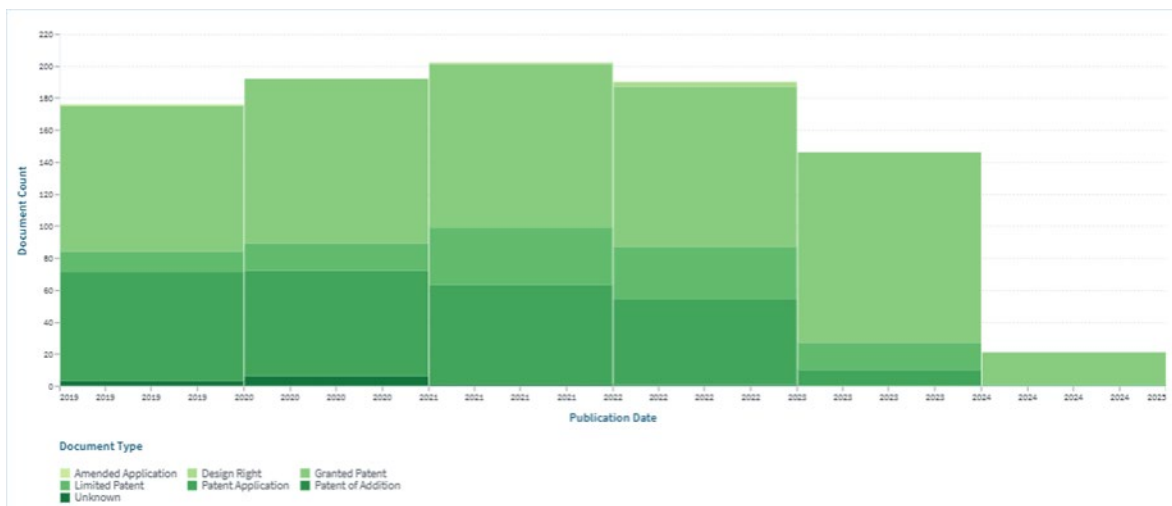
Lens Patent Search: (TECH OR AUTOMATION OR "BIG DATA" OR "INTERNET OF THINGS" OR "ARTIFICIAL INTELLIGENCE") AND PINEAPPLE\*

La plataforma proporcionó un total de 4910 patentes, lo que indica un amplio conjunto de datos para analizar. Sin embargo, se observa que varios documentos resultantes no cumplen con el rango de tiempo deseado para garantizar la actualidad de la investigación. Por consiguiente, se aplicaron filtros en la plataforma basados en la fecha de publicación, así como en los estatus legales de las patentes, con el objetivo de identificar aquellas que realmente sean relevantes en su estado actual: activo, patentado o desconocido. Dado que la exclusión de las patentes con estado desconocido podría generar una pérdida de información significativa debido a la escasez de datos sobre su situación legal, se optó por mantenerlas en el análisis. Tras la aplicación de estos filtros, la plataforma arrojó un total de 927 patentes, lo que confirma la eficacia de la ecuación previamente mencionada como la más adecuada para el análisis de la investigación.

**4.3.1.1 Patentes a través del tiempo (años)**

**Figura 7**

*Publicaciones por año.*



Nota: Tomada de Patent Lens

En la figura 7 Se analiza a continuación las tendencias de publicaciones de patentes a lo largo del tiempo, donde se evidencia un crecimiento en producción intelectual específicamente en el año 2021 en cuanto la aplicación de tecnologías emergentes en el sector de la piña. En contraste con lo observado se crea la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Crecimiento de producción intelectual a través del tiempo.*

Año	Patentes concedidas	Patentes limitadas	Patentes solicitadas	Patentes desconocidas	Totales
2019	91	13	68	3	175
2020	103	17	66	6	192
2021	102	36	62	0	200
2022	100	33	53	0	186
2023	119	17	10	0	146
2024	20	0	0	0	20

Nota: Elaboración propia

Mediante la figura 7 y la tabla 4 se deduce datos anuales, en donde el 2019, se concedieron 91 patentes y 13 patentes limitadas, también se solicitaron 68 patentes adicionales, siendo el año en donde se observa la mayor cantidad de patentes solicitadas. Además, hay 3 patentes cuyo estado es desconocido, lo que suma un total de 175 patentes consideradas en este año.

El año 2020 y 2021 se destacan como períodos con una notable cantidad de patentes, posiblemente influenciados por la pandemia de COVID-19, la cual podría haber estimulado la búsqueda de soluciones dentro del ámbito agrícola por parte de la comunidad científica. Esto se refleja en el registro de 194 patentes en 2020 y 200 en 2021. Es importante señalar que en 2021 se produjo un cambio significativo en la distribución de las patentes, con un notable aumento en el número de patentes limitadas, llegando a 36, mientras que el número de patentes concedidas se mantuvo relativamente estable en 102 en comparación con el año anterior que se tuvieron 103 patentes concedidas.

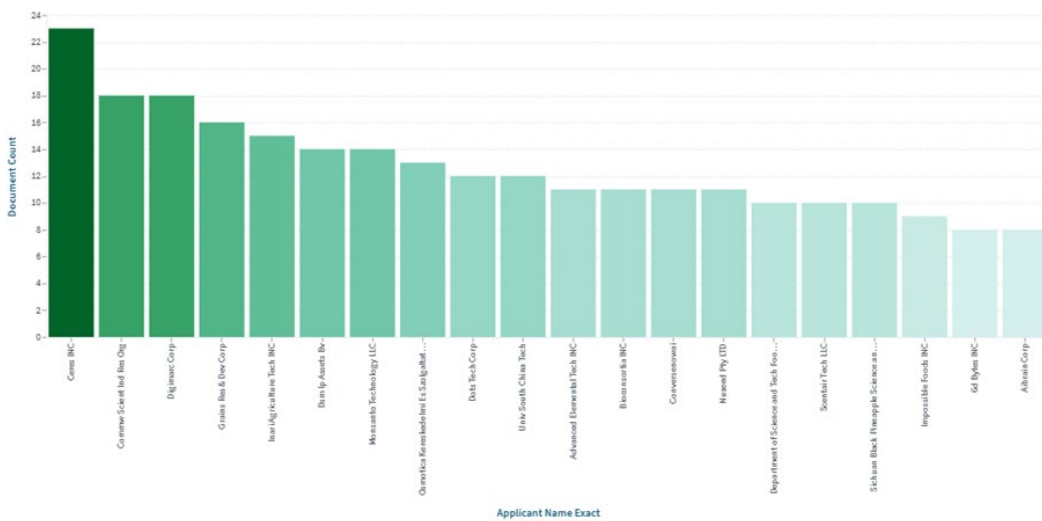
Para el año 2022, se observa una disminución en el número total de patentes, llegando a 186, con reducciones en todas las categorías. Sin embargo, en 2023, se evidencia un cambio drástico en la tendencia, con una marcada disminución en el número total de patentes, alcanzando solo 146. Este descenso se atribuye a una caída significativa en el número de patentes solicitadas, a pesar de que el número de patentes concedidas continúa creciendo, alcanzando su punto más alto con 119.

Finalmente, en el primer trimestre del 2024 el número total de patentes es bajo, con solo 20 patentes registradas en total. Esto podría deberse a datos aún no expuestos o a la naturaleza del año de investigación, que corresponde precisamente al año 2024.

### 4.3.1.2 Principales Instituciones líderes

En la figura 8 se puede apreciar que las entidades más representativas en cuanto a patentes registradas son Ceres INC , se dedica en abordar temas de sostenibilidad en el sectores agrícolas y medioambientales, con 23 solicitudes de patentes, siendo superior a Commw Scient Ind Res Org (CSIRO), se dedica a la investigación aplicada para abordar retos a nivel global, con un enfoque en áreas como la sostenibilidad agrícola, energías limpias, biotecnología, tecnologías digitales y soluciones industriales, destacándose por avances como cultivos mejorados, Digimarc Corp especializada en identificadores digitales para autenticidad y trazabilidad, ambas con 18; también se destaca Grains Res & Dev Corp (GRDC), que invierte en I+D para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del sector de granos, con 16 y terminando el top cinco estaría Inari AgricultureTECH inc enfocada en cultivos sostenibles mediante edición genética e inteligencia artificial con 15, entre otras.

**Figura 8**  
Organizaciones Líderes.



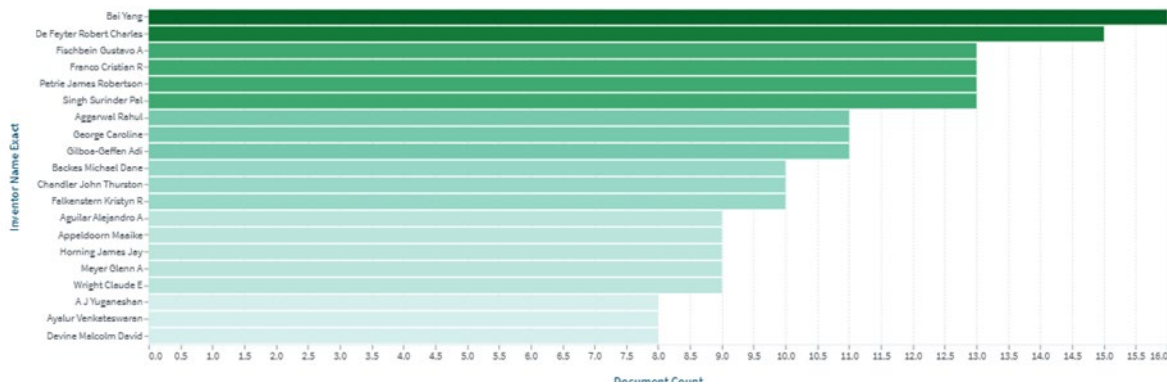
Nota: Tomada de Patent Lens

### 4.3.1.3 Principales Inventores

En el ámbito de los inventores, se destaca el desempeño del inventor Bai Yang, con un total de 16 patentes, seguido de cerca por De Feyter Robert Charles, con 15 patentes. Es relevante señalar que Bai Yang es el inventor de patentes atribuidas tanto a Estados Unidos como a Europa, mientras que De Feyter es exclusivamente de Estados Unidos, lo que pone de manifiesto la marcada influencia y presencia constante en el ámbito de las patentes por parte de Estados Unidos. Posteriormente se presentan los inventores fischbein, franco Cristian, Petrie James y Singh Surinder con 13 patentes, siendo con estos los 6 inventores con mayor relevancia.

**Figura 9**

*Distribución de patentes por inventores.*



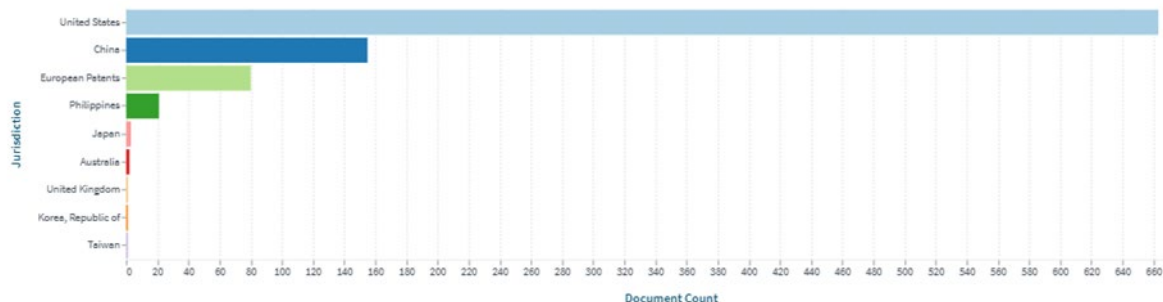
*Nota: Tomada de Patent Lens*

### 4.3.1.4 Países líderes

En la figura 10 se presenta evidencia contundente de la marcada influencia de Estados Unidos en la generación de patentes en el ámbito de estudio sector estratégico de la piña en tecnología emergente. Estados Unidos lidera con un total de 663 documentos de patente

registrados, lo que representa una cifra considerablemente superior al segundo país más representativo, China, que cuenta con 155 patentes, y Europa, con 80. Estas tres jurisdicciones internacionales representan conjuntamente más de la mitad del total de patentes registradas, sumando un total de 898 patentes, lo que corresponde al 96.87% del total de 927.

Cabe destacar que Filipinas aparece en el cuarto lugar con 21 patentes registradas posicionándose por encima de países con alta relevancia tecnológica como Japón con 3 patentes. A pesar de ser potencias tecnológicas y económicas, países como Japón, Corea del sur y Australia muestran una presencia limitada de patentes en el sector agroindustrial relacionado con la piña, lo que refleja una menor inversión o enfoque en esta industria específica en comparación con otras naciones como China y Estados Unidos. En Japón, las patentes como el "Internal Quality Inspection Device for Fruit and Vegetables" (dispositivo de inspección de calidad interna de frutas y verduras) y "Whitening Composition" (composición blanqueadora) muestran un interés en la optimización de procesos y el aprovechamiento de derivados de la piña, pero no en el cultivo masivo ni en la agroindustria de la piña como tal. Australia, por su parte, tiene patentes como la "Functional Soy Whey Beverage Having Refreshing Flavor" (bebida funcional de suero de soja con sabor refrescante), que integra jugo de piña en productos derivados, pero no está directamente vinculada al agro de la piña como industria primaria. Este panorama sugiere que, aunque estos países están a la vanguardia en tecnología e innovación, su enfoque está más en la creación de productos de valor agregado y tecnologías de procesamiento que en el desarrollo de una industria agroindustrial masiva centrada en la piña.

**Figura 10***Distribución de patentes de países líderes*

Nota: Tomada de Patent Lens

**4.3.1.5 Distribución por tipo de documento.**

En adición como se muestra en la tabla 5, el análisis de las patentes derivadas de la presente investigación en Patent Lens, enfocada en la piña y tecnologías emergentes, revela una marcada actividad en el ámbito de la innovación asociada con esta fruta. Se registran un total de 535 patentes concedidas, 259 patentes solicitadas y 117 patentes limitadas, lo que sugiere un notorio interés por parte de investigadores y entidades empresariales en desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones relacionadas con la piña. Sin embargo, la presencia de 10 patentes de estado desconocido destaca la necesidad de mejorar la transparencia y el acceso a la información para una comprensión exhaustiva del panorama de la propiedad intelectual en este ámbito específico. Además, se identifican otras 6 patentes, minoritarias en comparación, que abordan aspectos como diseño correcto y solicitud modificada, entre otros.

**Tabla 5***Tipos de Documentación*

<b>Tipo de Documentos</b>	<b>Cantidades</b>
Patentes concedidas	535
Patentes solicitadas	259
Patentes limitadas	117
Desconocidas	10

*Nota: adaptada de Patent Lens, elaboración propia.*

**4.4 Dinámica de patentes por áreas temáticas.**

Por otro lado, se trae en mención la clasificación Internacional de Patentes, establecida por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), es un sistema jerárquico esencial que categoriza patentes y modelos de utilidad, proporcionando una estructura universal para la clasificación precisa de diversas áreas tecnológicas. Esta clasificación, dividida en ocho apartados, refleja el vasto espectro de conocimientos inherentes al ámbito de las patentes de invención, permitiendo una comprensión sistemática y detallada de la innovación tecnológica.

**Tabla 6***Áreas temáticas IPC*

<b>Apartado</b>	<b>Descripción</b>
A	Necesidades Humanas
B	Realización de operaciones; transportando.
C	Química, metalúrgica

D	Textiles; Papel
E	Construcciones Fijas
F	Mecánicas, Ingeniería, Alumbrado, Calefacción, Armas, Voladura
G	Física
H	Electricidad

Nota: adaptada de OMPI

Adicionalmente, se realizó un análisis de los resultados de los IPC de las patentes luego de correr la ecuación. En la figura 11, se observan las temáticas que abordan terminologías relacionadas como cosechas, tecnología y agricultura descritas por la Organización Mundial de la Producción Intelectual (OMPI).

## Figura 11

### Áreas temática

<b>22</b> A01N63/20 Necesidades humanas Gémenes Sustancias producidas u obtenidas a partir de ellas	<b>86</b> A23V2002/00 Necesidades humanas Composiciones de alimentos, función de ingredientes alimentarios o procesos para alimentos o productos alimenticios	<b>23</b> A61K31/202 Necesidades humanas que tengan tres o más enlaces dobles, por ejemplo, linoléico eicosanoides, por ejemplo, leucotrienos A61K31/557	<b>23</b> A61K31/352 Necesidades humanas condensado con anillos carbocíclicos, por ejemplo, metanthaline Cannabinoides A61K31/658	<b>27</b> A61K36/185 Necesidades humanas Magnoliopsida (dicotiledóneas)
<b>26</b> A61K45/08 Necesidades humanas Mezclas de principios activos sin caracterización química, por ejemplo, antiinflamatorios y cardiacos	<b>33</b> A61K9/0053 Necesidades humanas Boca y tracto digestivo, es decir, administración intraoral y peroral Administración rectal A61K9/0051	<b>39</b> C07K14/415 Química metalurgia de las plantas	<b>44</b> C12N1/20 Química metalurgia Gémenes Médicos de cultivo para ello	<b>44</b> Y02A40/146 Etiquetado general de nuevos desarrollos tecnológicos Etiquetado general de tecnologías transversales que abarcan varias secciones de la CIP Temas técnicos cubiertos por las antiguas colecciones de arte de referencia cruzado de la USPC [Xracs] y Digesta

Nota: Tomada de Patent Lens

La categoría A23V se destaca por su relación con el sistema de indexación relativo a los alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas, así como a las bacterias lácticas o del ácido propiónico utilizadas en los productos alimenticios o en la preparación de alimentos, contando en total con 86 invenciones. Por otro lado, la categoría Y02A, centrada en tecnologías para la adaptación al cambio climático y en microorganismos o enzimas y composiciones

relacionadas con su propagación, conservación o mantenimiento, junto con la manipulación genética, precede en cantidad de invenciones con 44 innovaciones. Asimismo, la categoría C12N, que aborda temas en la química, metalurgia y/o gérmenes, así como en medios de cultivo para los mismos, también sobresale con 44 invenciones. Por último, el segmento A01N, asociado con la conservación de cuerpos de seres humanos o animales, plantas o partes de estos, así como la conservación de alimentos o productos alimenticios, muestra una menor representación, con solo 22 invenciones.

En el análisis de las tecnologías emergentes aplicadas al sector de la piña dentro del marco de la Industria 4.0, se identificaron algunas tendencias clave que están transformando los procesos agrícolas y de poscosecha. Algunos ejemplos son: la patente estadounidense titulada **"Synchronization of Lighting Networks for Agricultural Systems"** (febrero 2023) resalta el papel del IoT y la automatización para optimizar las condiciones de cultivo, demostrando cómo las tecnologías inteligentes pueden adaptarse al manejo de cultivos específicos. Ahora bien, por su parte, el desarrollo chino descrito en la patente **"Pineapple Processing Robot"** (marzo 2021) representa un avances en el uso de la robótica aplicada a tareas agrícolas especializadas, en la que incorpora con dispositivos de corte y manipulación, que permite agilizar el procesamiento de las piñas, aumentando y mejorando la eficiencia y reducción de desperdicios en la cadena productiva. Por otra parte, la patente China **"Automatic pineapple picking equipment"** describe el diseño de un dispositivo para automatizar la recolección de piña utilizando tecnología como un brazo robótico, cuyo objetivo principal es optimizar la eficiencia de la cosecha, reducir el trabajo manual y minimizar el daño a la fruta. Finalmente, el artículo **"Automatic pineapple picking external hanging device and picking method"** consiste en un sistema colgante automatizado que permite la recolección de piñas en el campo, incorporado en cosechadoras de brazo grande. Este sistema

utiliza cámaras industriales para identificar las piñas, mientras que sus mecanismos de corte y transporte automatizan el proceso sin disminuir la productividad. Además, destaca por sus menores costos y mayor funcionalidad en comparación con otras máquinas recolectoras especializadas.

Estas innovaciones evidencian la incidencia de la robótica, la automatización y el IoT en la agricultura, especialmente en el sector de la piña. Las tecnologías emergentes aquí presentadas muestran un cambio hacia sistemas agrícolas más sostenibles, precisos e interconectados, posicionando al sector como un campo prometedor para el desarrollo tecnológico y la generación de soluciones disruptivas en mercados emergentes.

## 5. Conclusiones

Mediante el estudio de las tendencias sobre la aplicación de la industria 4.0 en la agroindustria se observó que las investigaciones tuvieron un incremento en épocas de crisis, como la pandemia, debido a la necesidad de optimizar procesos y reducir la dependencia de mano de obra. Esto resalta la importancia de seguir explorando soluciones tecnológicas para el sector piñero, permitiendo una producción más eficiente y sostenible. No obstante, el análisis de patentes mostró que la producción intelectual relacionada con la industria 4.0 en el cultivo de la piña sigue siendo baja. Esto representa una oportunidad para impulsar la automatización y digitalización del cultivo, promoviendo modelos de producción más eficientes y sostenibles. Para ello, es clave fortalecer la colaboración entre el sector académico, el gobierno y la industria, facilitando el desarrollo de soluciones adaptadas a las necesidades del sector.

A nivel global, países como Estados Unidos y China lideran la investigación y el desarrollo de tecnologías aplicadas a la agroindustria. En Colombia, la limitada producción científica en este ámbito, incluyendo la región de Santander, representa un obstáculo para la modernización del sector. En este contexto, Agro 4.0 surge como una estrategia clave para mejorar la productividad y competitividad de pequeños y medianos productores mediante la implementación de tecnologías avanzadas. Sin embargo, hasta el momento, no se han identificado aportes significativos derivados de esta iniciativa, lo que evidencia la necesidad de fortalecer investigaciones e incentivar el desarrollo en el país.

Las tendencias más significativas a nivel mundial ofrecen oportunidades prometedoras para el sector de la piña, con la posibilidad de implementar innovaciones en distintas etapas de la cadena de producción, desde la cosecha hasta la transformación. La adopción de estos avances

permite optimizar el uso de los recursos, mejorar la trazabilidad del producto y reducir los impactos ambientales, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad del sector.

Finalmente, es fundamental continuar investigando, asegurando un proceso dinámico de actualización y adopción tecnológica. Con el objetivo de mantenerse a la vanguardia y permitir al sector piñero colombiano enfrentar con éxito los desafíos del futuro aprovechando las oportunidades de un mercado global en transformación.

## 6. Recomendaciones

Se recomienda diseñar, adoptar o implementar proyectos piloto de tecnologías relacionadas a la industria 4.0 o emergentes en la línea de “producción y transformación del producto” como drones, sensores de suelos y algoritmos de IA en el cultivo de piña con un enfoque en pequeños agricultores. Para lograr diversos beneficios como mejorar los volúmenes de producción, la calidad y la reducción de costos. Estos cambios resultan cruciales para el sector de la piña, ya que fomentan la innovación, la exportación del fruto y la generación de valor agregado tanto a nivel nacional como internacional, facilitando así la diversificación de sus productos.

Promover alianzas entre instituciones académicas y/o entidades como ICA, Asohfrucol, Minitic y Agrosavia entre otros, productores locales y empresas tecnológicas para desarrollar, impulsar e informar soluciones innovadoras adaptadas al contexto del sector piñero, aprovechando recursos como los programas que apoyan el agro desde el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación.

Considerando las diversas propiedades beneficiosas de la piña y su potencial aplicación en la industria alimentaria y los hallazgos de la presente investigación, se refleja como desafío la baja adopción de las tendencias tecnológicas del sector de la piña en el entorno nacional. Por lo tanto, se recomienda orientar los estudios en el desarrollo de iniciativas para apoyar la implementación de tecnologías emergentes o industria 4.0 enfocadas en la optimización de la producción, transformación y comercialización de productos derivados de la piña. Asimismo, establecer un sistema de vigilancia tecnológicas regional enfocado a monitorear el desarrollo de tecnologías aplicadas a la piña, aprovechando plataformas o bases científica y bases de patentes para la identificación de oportunidades específicas.

**Referencias Bibliográficas**

- ICADE. (2021). *Universidad Pontificia Comillas*. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/46846/TFG%20-%20201916350.pdf?sequence=3>
- ADR. (2024). *Agencia de Desarrollo Rural*. Obtenido de [https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01\\_PDEA\\_Santander\\_2024.pdf](https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01_PDEA_Santander_2024.pdf)
- AGROSAVIA. (2023). *ResearchGate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/375991568\\_Tecnologias\\_emergentes\\_para\\_el\\_agro\\_y\\_su\\_aplicacion\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/375991568_Tecnologias_emergentes_para_el_agro_y_su_aplicacion_en_Colombia)
- ANDIA, A. (2019). *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4024/anahui-andia-juan-jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrade, J. M., Plazas, E. R., & Quintero, A. (2017). Vigilancia tecnológica del sector agroindustrial. *Usco*. Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/entornos/article/download/1404/2944?inline=1>
- Arenales, J. V. (2022). *Diario La Republica*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/internet-economy/cual-pais-de-latinoamericano-con-inversion-mas-alta-en-tecnologia-en-el-ultimo-ano-3459655#:~:text=Particularmente%20en%20Colombia%2C%20la%20inversi%C3%B3n,innovaci%C3%B3n%20en%20todo%20el%20pa%C3%ADs>
- Argüello, H., & Herrera, A. (1999). *Como Producir.Cosechar y Procesar*.

- BASF. (2022). *BAST Agro Colombia*. Obtenido de <https://agriculture.basf.com/co/es/contenidos-de-agricultura/digitalizacion-agricultura-4-0.html>
- C4IR. (2024). *Centro para la Cuarta Revolucion Industrial de Colombia*. Obtenido de <https://c4ir.co/mejoramos-la-productividad-y-la-competitividad-en-el-agro-colombiano/>
- Cáceres, D., Silvetti, F., Soto, G., & Rebolledo, W. (1997). *Agro Sur-UACH*. Obtenido de <http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v25n2/body/art01.htm>
- Castells, E., & Bosch, M. (2001). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7390243>
- CODECTI. (2023). Obtenido de <https://codecti.santander.gov.co/wp-content/uploads/2024/06/DOCUMENTO-TECNICO-PPCTeI.pdf>
- Colombia Verde. (2023). Obtenido de <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/cultivos-de-pina-en-colombia/>
- Deloitte. (2022). *Deloitte*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-40.html>
- Enciso, V., & Hernández, J. (2016). *Revista espacios*. Obtenido de <https://revistaespacios.com/a16v37n31/16373114.html>
- FAO. (2022). *FAO*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4a590533-0265-439e-a2d2-d08fcfe4fb4c/content?>
- Flórez, D. H. (2020). *Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia*. Mosquera: agrosavia. Obtenido de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/96/81/808-1>

- Franco da Silveira, F. H. (2021, October). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*, 189. Obtenido de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/science/article/pii/S0168169921004221>
- Franco, C., & Barona, G. (2018). *Revista de Ingenieria*. Obtenido de <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7460>
- IBM. (s. f.). *International Business Machines*. Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>
- ICA. (2012). *Producción de piña (Ananas comosus L. Mer.) en Colombia*. Boletín Informativo. Obtenido de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13129/59704\\_57650.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13129/59704_57650.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Innotec. (2018). *Innotec*. Obtenido de <http://innotec.com.co/>
- Ladino, Y. C., & Cárdenas, F. L. (2020). *Estudio de investigación para incrementar la productividad a través de la tecnificación de los procesos productivos de la piña de un pequeño productor del sector el tigre en la ciudad de Pereira*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/6d13caf9-02bc-4f39-87f1-e11ee9d1c43a/content>
- Legiscomex. (2018). *Legiscomex*. Obtenido de [https://www.legiscomex.com/Noticias/Colombia\\_estimo\\_producir\\_mas\\_de\\_950000\\_toneladas\\_de\\_pina\\_este\\_ano-71094#:~:text=La%20pi%C3%B1a%20forma%20parte%20de,que%20tienen%20el%20potencial%20exportador.](https://www.legiscomex.com/Noticias/Colombia_estimo_producir_mas_de_950000_toneladas_de_pina_este_ano-71094#:~:text=La%20pi%C3%B1a%20forma%20parte%20de,que%20tienen%20el%20potencial%20exportador.)

Legiscomex. (2023). Obtenido de <https://www.legiscomex.com/produccion-pina-colombia>

li, D., jing, M., & Dai, X. (2022). Current status of pineapple breeding, industrial development, and genetics in China. *Scopus*. Obtenido de <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85068719561&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=a96dd75f01a72484ed2511d3cfec89e2&sot=a&sdt=a&cluster=scosubtype%2C%22cr%22%2Cf%2C%22sh%22%2Cf&s=TITLE-ABS-KEY+%28+%28+%28>

Marbán, M. Á. (2022). *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)*. Obtenido de <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/137809/6/malvarezmarbTFM0122memoria.pdf>

McKinsey. (2022). *McKinsey & Company, Inc.* Obtenido de <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>

Minagricultura. (2019). *cadena de la piña*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20PI%C3%91A.pdf>

Miniciencia. (2023). *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/glosario/vigilancia-tecnologica-yo-inteligencia-competitiva>

Mohamad, E. J., Choon, C. C., & Mohamad, M. M. (2022, Octubre). Smart Farming IoT Based Management during Post Covid-19. *Scopus*. Obtenido de <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85142424248&origin=resultlist&sort=plf->

- f&src=s&sid=a96dd75f01a72484ed2511d3cfec89e2&sot=a&sdt=a&cluster=scosubtype  
%2C%22cr%22%2Cf%2C%22sh%22%2Cf&s=TITLE-ABS-KEY+%28+%28+%28
- Moyares. (2018). *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/pdf/ics/v29n1/a2\\_1172.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/ics/v29n1/a2_1172.pdf)
- Muñoz, L. K. (2021). *Estudio de vigilancia tecnológica para identificar tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el sector citrícola*. Universidad Industrial de Santander.
- Palop, F., & Vicente, J. M. (1999). Obtenido de [https://www.eenasque.net/guia\\_transferencia\\_resultados/files/COTEC%20-%20Vigilancia%20Tecnologica%20e%20Inteligencia%20Competitiva%20-%20su%20potencial%20para%20la%20empresa%20espanola.pdf](https://www.eenasque.net/guia_transferencia_resultados/files/COTEC%20-%20Vigilancia%20Tecnologica%20e%20Inteligencia%20Competitiva%20-%20su%20potencial%20para%20la%20empresa%20espanola.pdf)
- Reinhardt. (2019). Limitations for pineapple production and commercialization and international research towards solutions. *Scopus*. Obtenido de <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.uis.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85068719561&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=a96dd75f01a72484ed2511d3cfec89e2&sot=a&sdt=a&cluster=scosubtype%2C%22cr%22%2Cf%2C%22sh%22%2Cf&s=TITLE-ABS-KEY+%28+%28+%28>
- Rodríguez, L. M., & Góngora, J. V. (2019). *Estudio de vigilancia tecnológica aplicada a la lima Tahití en el marco del proyecto Agrópilos MACTOR*. Universidad Industrial de Santander.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C.-A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719319489?via%3Dihub>
- Salas, A. C., & Ardila, N. G. (2022). *Unidades Tecnológicas de Santander*. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/9131>

UDES. (2025). Obtenido de <https://bucaramanga.udes.edu.co/ensenanza/noticias/udes-participo-en-taller-sobre-industria-4-0-y-analitica-de-datos>

Universidad de la caruña. (s,f). Obtenido de [https://www.udc.es/es/biblioteca/recursos\\_informacion/otros\\_recursos/xerais/literaturagris/#:~:text=Literatura%20gris%3A%20se%20denomina%20literatura,lo%20que%20suelen%20dar%20problemas](https://www.udc.es/es/biblioteca/recursos_informacion/otros_recursos/xerais/literaturagris/#:~:text=Literatura%20gris%3A%20se%20denomina%20literatura,lo%20que%20suelen%20dar%20problemas)

Universidad del Valle. (2023). *Universidad del Valle*. Obtenido de <https://otri.univalle.edu.co/vigilancia-e-inteligencia-competitiva>

USCO. (2017). Vigilancia tecnológica del sector agroindustrial. *Revistas Científicas Universidad Supercolombiana*, Vol. 30, Pag. 3-4. Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/entornos/article/view/1404/2736>