

Perspectivas científicas del agro

Serie de documentos de trabajo

Escaneo científico sobre tendencias en agroindustria

Alexis Morales Castañeda
Carlos Alberto Contreras Pedraza





Serie de documentos de trabajo

Perspectivas científicas del agro

Escaneo científico sobre tendencias en agroindustria

Autores

Alexis Morales Castañeda

Carlos Alberto Contreras Pedraza

Mosquera, Diciembre 2024

La elaboración de este documento se deriva de las acciones de monitoreo y seguimiento de información científica, desarrollados por el Departamento de Inteligencia Científica y Tecnológica de la Dirección de Investigación y Desarrollo de Agrosavia.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal 250047, Colombia.

Citación sugerida: Morales Castañeda, A. & Contreras-Pedraza, C.A. (2024). *Escaneo científico sobre tendencias en agroindustria*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

DOI: 10.21930/agrosavia.escaneocientifico.2024.4

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co>



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Tabla de Contenido

Introducción	5
Indicadores de actividad bibliográfica	6
Ecuación de búsqueda	6
Dinámica de publicaciones	6
Autores destacados	7
Instituciones destacadas	8
Fuentes de consulta destacadas	10
Referentes en investigación con relacionamiento de países e instituciones	11
Red de coocurrencia	13
Mapa temático principales tendencias de investigación	16
Principales tendencias y perspectivas	18

Lista de Figuras

Figura 1. Dinámica de publicaciones 2020-2024.....	7
Figura 2. Principales autores según publicaciones de Scopus 2020-2024.....	8
Figura 3. Principales instituciones según publicaciones de Scopus 2020-2024.....	10
Figura 4. Principales fuentes de consulta.....	11
Figura 5. Principales países e instituciones relacionadas con agroindustria	13
Figura 6. Red de Coocurrencia de tópicos clave	15
Figura 7. Mapa temático principales tendencias de investigación	17

Autores

Alexis Morales Castañeda

Orcid: 0000-0003-1246-6513

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, con experiencia en vigilancia científica y tecnológica, inteligencia competitiva, análisis de redes de investigación, información de propiedad intelectual y redacción de patentes. Su trabajo se ha enfocado en el análisis de información bibliográfica y procesamiento con software de análisis bibliométrico con el fin de contribuir al análisis de tendencias en investigación, desarrollo e innovación para el sector agropecuario.

Carlos Alberto Contreras Pedraza, M.Sc.

Orcid: [0000-0001-7138-2147](https://orcid.org/0000-0001-7138-2147)

Profesional en Ingeniería Industrial, Magíster en Ingeniería Agrícola y estudios en Magister en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador Master Asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA y Coordinador de Inteligencia Científica de la misma. Experiencia en investigación y ejecución de proyectos en el área de gestión tecnológica, gestión de conocimiento y direccionamiento estratégico de sectores productivos. Ha desarrollado proyectos con la Universidad Nacional de Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, AGROSAVIA, La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial - COTECMAR, Cámara de Comercio de Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar, entre otras. Conocimiento y habilidad en el desarrollo de ejercicios de vigilancia tecnológica y comercial, benchmarking, diagnóstico tecnológico, prospectiva, desarrollo de indicadores en CTI, entre otros. Experiencia en estudios estratégicos para cadenas productivas agroindustriales, manejo de bases de datos de información científica y comercial, elaboración y actualización de indicadores de CTI para el sector agropecuario, al igual herramientas informáticas básicas y especializadas en el campo de la vigilancia tecnológica y comercial.

Introducción

La agroindustria enfrenta hoy retos significativos derivados del cambio climático, la seguridad alimentaria global y la demanda creciente de sostenibilidad. Este documento presenta un análisis de las principales tendencias científicas en este sector estratégico, destacando el rol clave de tecnologías innovadoras en campos específicos como la conservación postcosecha, el desarrollo biotecnológico y el aprovechamiento integral y sostenible de residuos agrícolas.

En el presente análisis se identifican y analizan las principales tendencias de investigación vinculadas con el tema de agroindustria utilizando herramientas de vigilancia tecnológica. Para este ejercicio se consultó y descargó información de publicaciones científicas la base de datos Scopus® y utilizando una ecuación de búsqueda la cual comprendió palabras clave identificadas para el tema de estudio, se descargó el corpus de información con información relevante. En esta búsqueda se tuvieron en cuenta todas las categorías de publicaciones (artículos, capítulo de libro, libro, review, ponencias), analizando su dinámica y actividad para el periodo 2020-2024.

Para la elaboración de mapa temático de tendencias se utilizó como herramienta el software libre con interfaz web Bibliometrix®, el cual permite generar indicadores cuantitativos y la identificación de tendencias representadas en un mapa con tópicos relevantes.

Con relación a la identificación de clústeres con tópicos de investigación afines se utilizó software libre VOSviewer®, herramienta que a través de cálculos algorítmicos permite analizar la coocurrencia de palabras claves visualizada en una red representada en un gráfico de nodos y líneas de relacionamiento.

Indicadores de actividad bibliográfica

Ecuación de búsqueda

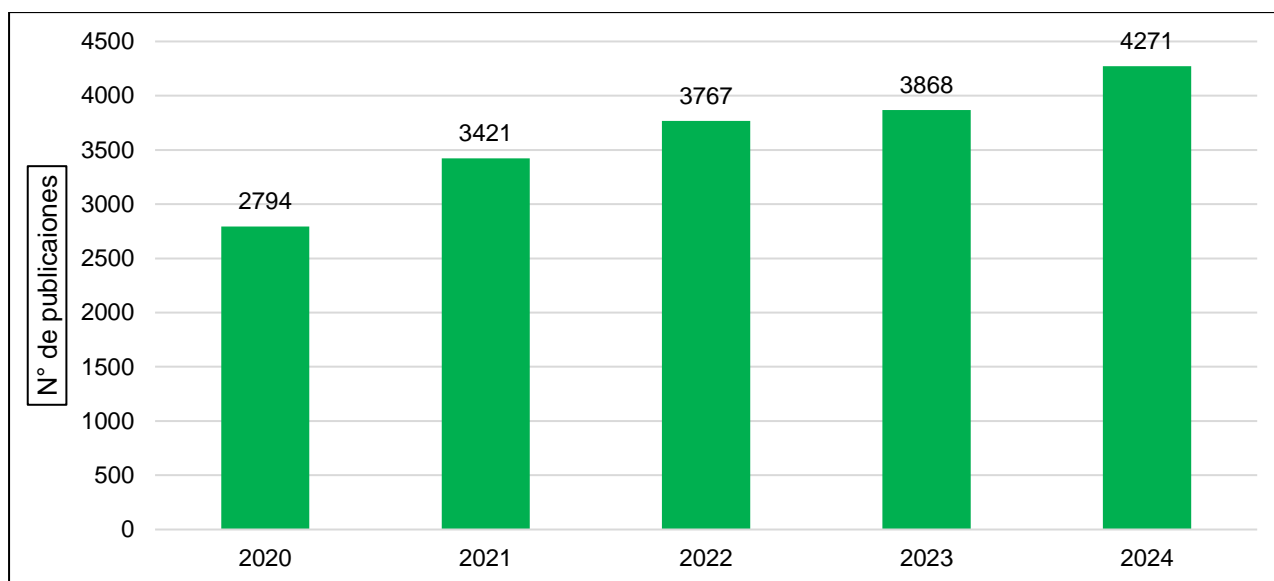
Para el análisis del tema de agroindustria, se descargaron 18.121 registros de publicaciones científicas de la base de datos Scopus® para el periodo 2020-2024 utilizando la siguiente ecuación de búsqueda:

(TITLE (agroindus OR "agro indus*" OR "agro-indus*" OR "postharvest*" OR "post-harvest*" OR "post harvest*") OR ABS (agroindus* OR "agro indus*" OR "agro-indus*" OR "postharvest*" OR "post-harvest*" OR "post harvest*") OR KEY (agroindus* OR "agro indus*" OR "agro-indus*" OR "postharvest*" OR "post-harvest*" OR "post harvest*")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI"))*

Dinámica de publicaciones

En el periodo analizado, el conjunto de publicaciones experimentó un crecimiento promedio anual del 9,7%, pasando de 2.794 publicaciones en 2020 a 4.203 en 2024 aumentando en promedio 260 publicaciones por año.

La publicación de mayor relevancia y con el mayor número de citas en el periodo analizado fue "Essential Oils and Their Application in Food Safety", Maurya. A. et al., 2021; DOI 10.3389/fsufs.2021.653420) (185 citas) en la cual se aborda la efectividad de la utilización de aceites esenciales como una alternativa potencial a los conservantes sintéticos para la reducción de micotoxinas en alimentos durante las etapas de procesamiento pre y postcosecha, para su aplicación efectiva en las industrias alimentaria y agrícola, dentro del marco de preservativos ecológicos inteligentes.

Figura 1. Dinámica de publicaciones 2020-2024

Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Excel®

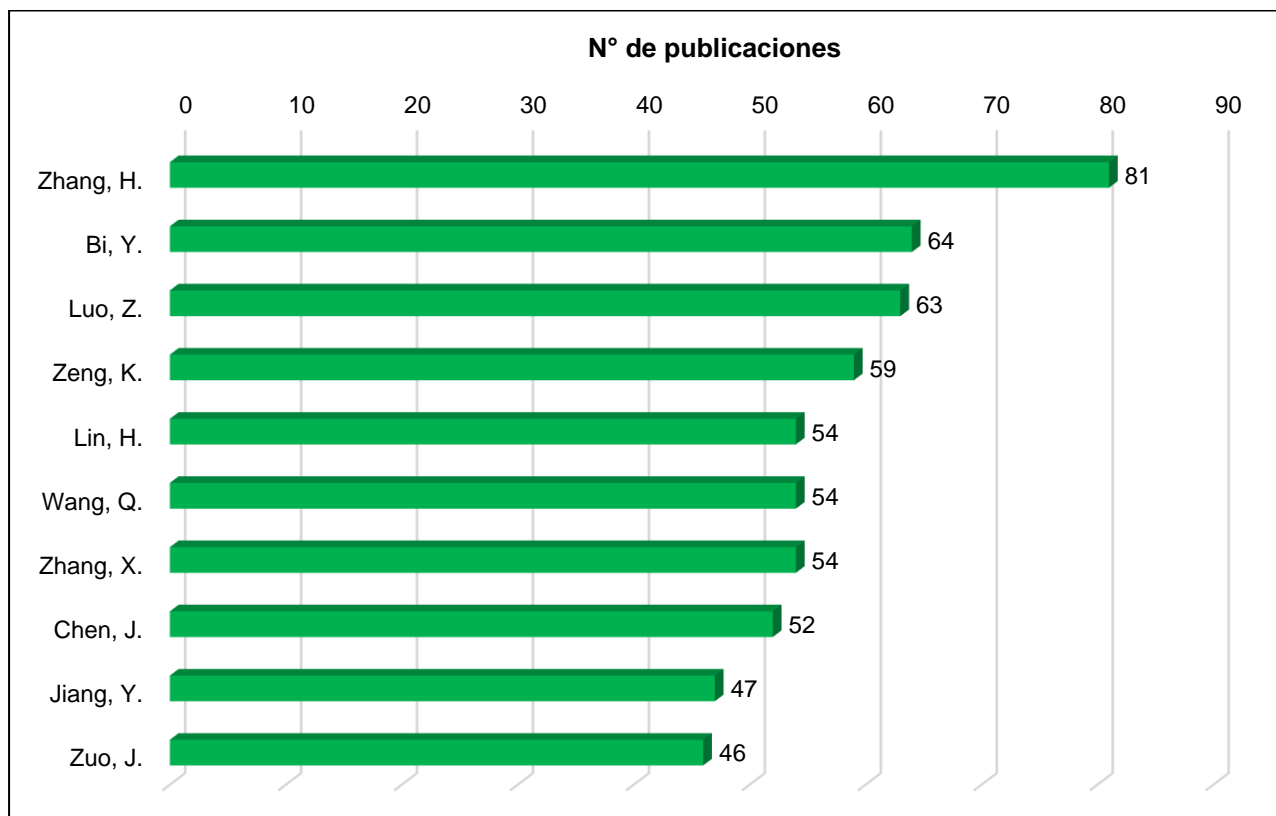
Autores destacados

Entre los autores principales más destacados sobresale en primer lugar con 83 publicaciones Hongyin Zhang de la Jiangsu University de China con investigaciones enfocadas en control de enfermedades poscosecha en frutas, con un énfasis en estrategias de biocontrol y resistencia, destacando el papel de levaduras antagonistas y compuestos biológicos en la mitigación de agentes patógenos; expresión génica y los procesos que influyen en la resistencia a enfermedades, así como la capacidad de los agentes patógenos para colonizar y causar deterioro en diferentes frutos; y análisis cuantitativos y cualitativos de la efectividad de los métodos de control de patógenos en poscosecha.

En segundo lugar, figura Yang Bi, de la Gansu Agricultural University de Portugal con 64 publicaciones relacionadas con analizar los efectos de diversos tratamientos poscosecha en la acumulación de compuestos bioactivos, actividades enzimáticas y la reducción de enfermedades; investigaciones en mecanismos bioquímicos relacionados con la actividad antioxidante y la acumulación de compuestos funcionales; y el uso de tratamientos físicos y químicos, en la mitigación de procesos infecciosos y el mantenimiento de la calidad durante el almacenamiento.

Le sigue en tercer lugar, Iris Lewandowski de la Universität Hohenheim de Alemania (9 publicaciones) con investigaciones enfocadas en tratamientos para minimizar los deterioros metabólicos y estructurales de frutas y hortalizas durante el almacenamiento; estudios en acumulación de metabolitos específicos y regulación genética que impactan en la calidad de frutas, con enfoques en genes, proteínas y compuestos bioactivos relacionados con la resistencia al estrés y la maduración.

Figura 2. Principales autores según publicaciones de Scopus 2020-2024



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Excel®

Instituciones destacadas

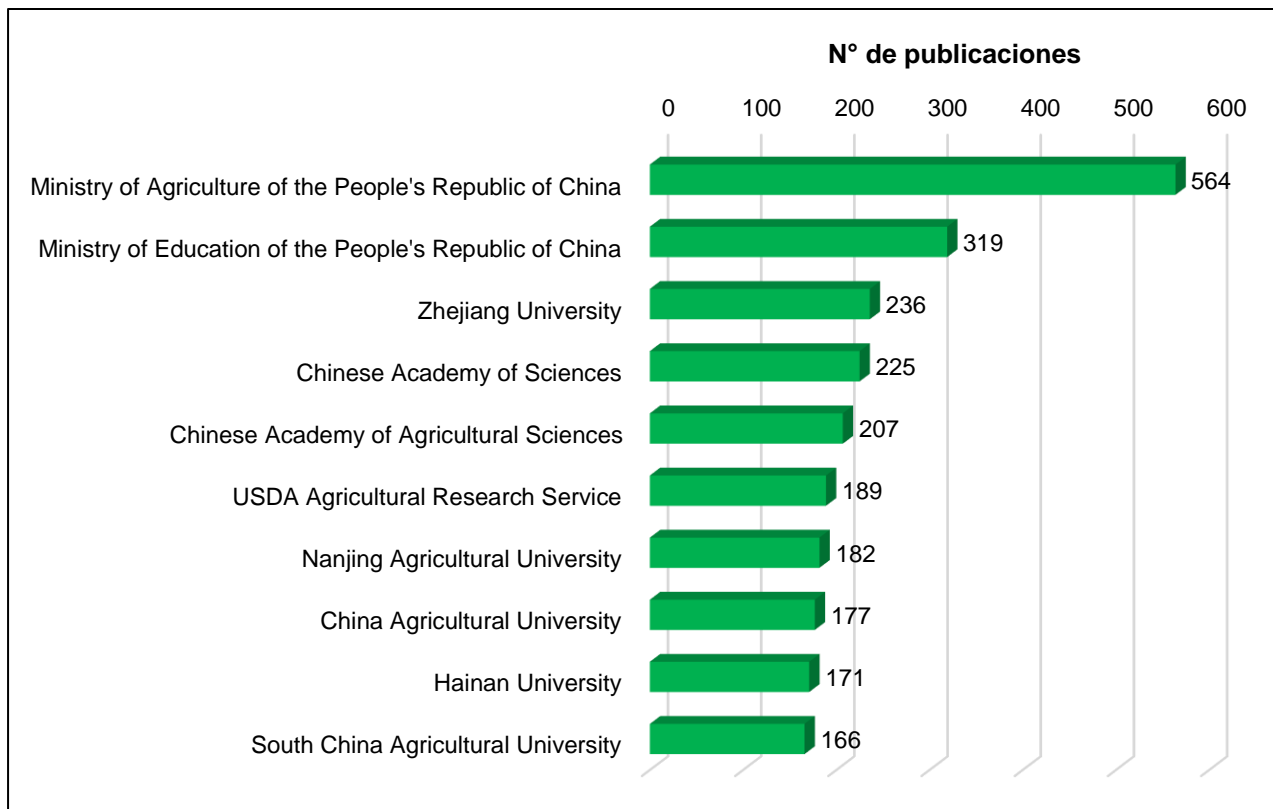
Entre las instituciones más importantes según producción científica, figuran en los tres primeros lugares entidades de China, siendo la más representativa el Ministry of Agriculture of the People's Republic of China registrando un total de 562 publicaciones científicas con investigaciones importantes relacionadas con la mejora de la conservación postcosecha

para prolongar la vida útil y mantener la calidad de los frutos durante el almacenamiento; tratamientos aplicados para preservar la calidad postcosecha que incluyen el uso de compuestos químicos, temperatura controlada y tecnologías innovadoras para reducir la pérdida de calidad, además de análisis detallados de contenido nutricional y funcional, como los niveles de ácidos orgánicos y actividad antioxidante; y comprensión de los mecanismos moleculares y expresión génica implicados en los procesos de maduración y deterioro.

Le sigue en orden de importancia el Ministry of Education of the People's Republic of China, con 319 publicaciones enfocadas en los temas de optimización de características organolépticas y la conservación de los frutos durante el almacenamiento prolongado aplicando tratamientos a nivel postcosecha orientados a reducir la pérdida de calidad y aumentar la aceptación comercial; estudios moleculares en frutas que buscan comprender los mecanismos subyacentes a la maduración y la resistencia a condiciones adversas; y evaluación de la composición química y su influencia en la calidad del producto final, explorando la interacción de factores como ácidos y actividades enzimáticas con los procesos de maduración, con el fin de generar estrategias para controlar y mejorar la calidad durante el almacenamiento y distribución comercial.

En tercer lugar, figura la Zhejiang University de China registrando 236 publicaciones con enfoque en temas como factores químicos y bioquímicos afectan procesos como la degradación de almidón y la actividad enzimática, como factor clave para desarrollar estrategias que mejoren la conservación de frutas; y estudios de mecanismos biológicos que regulan procesos de maduración y metabolismo, así como su manipulación para desarrollar variedades con mejores características de calidad y resistencia a condiciones adversas.

Figura 3. Principales instituciones según publicaciones de Scopus 2020-2024

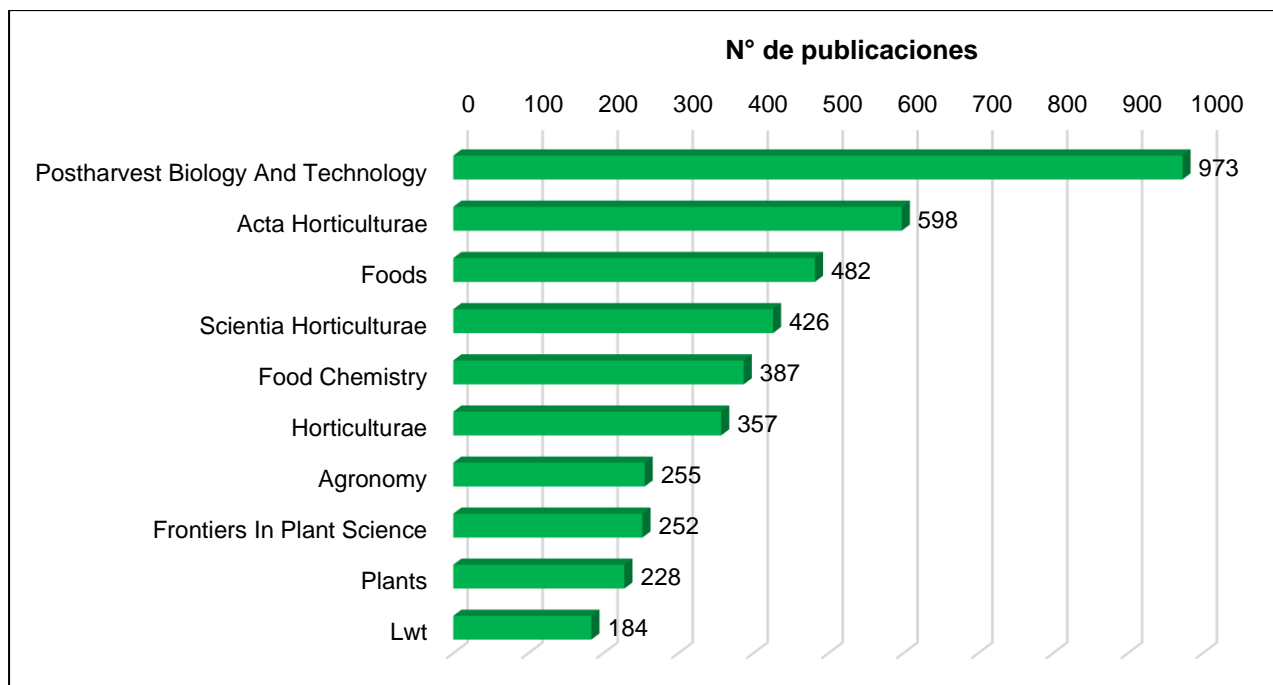


Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información Recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Excel®

Fuentes de consulta destacadas

Entre las fuentes de consulta con más impacto se destaca en primer lugar Postharvest Biology And Technology con 973 publicaciones, 10.613 citaciones y un índice h=41, seguida de Acta Horticulturae con 598 publicaciones, 338 citaciones e índice h= 5; En tercer lugar, destacado se encuentra Foods con un índice h=27, 4.367 citaciones y un total de 482 publicaciones.

Figura 4. Principales fuentes de consulta



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Excel®

Referentes en investigación con relacionamiento de países e instituciones

Analizando el relacionamiento entre países, instituciones y palabras clave utilizadas por autores (Figura 5), se puede evidenciar que el país más sobresaliente en temas de agroindustria y poscosecha es China que a través de las universidades Zhejiang University, Hainan University, South China Agricultural University y Southwest University que han concentrado sus estudios en las propiedades fisicoquímicas de frutos durante y después del almacenamiento poscosecha, en especial los compuestos secundarios como metabolitos relacionados con el aroma y la maduración, que son clave para garantizar la calidad y extender la vida útil de los productos. Igualmente se destacan investigaciones orientadas al impacto de distintos tratamientos en la preservación de la textura, el color y otros atributos organolépticos esenciales.

Por otro lado, son importantes las investigaciones en el uso de técnicas avanzadas para la caracterización molecular y bioquímica de los frutos, incluyendo análisis de expresión génica y perfiles metabolómicos que permiten comprender mejor los mecanismos que

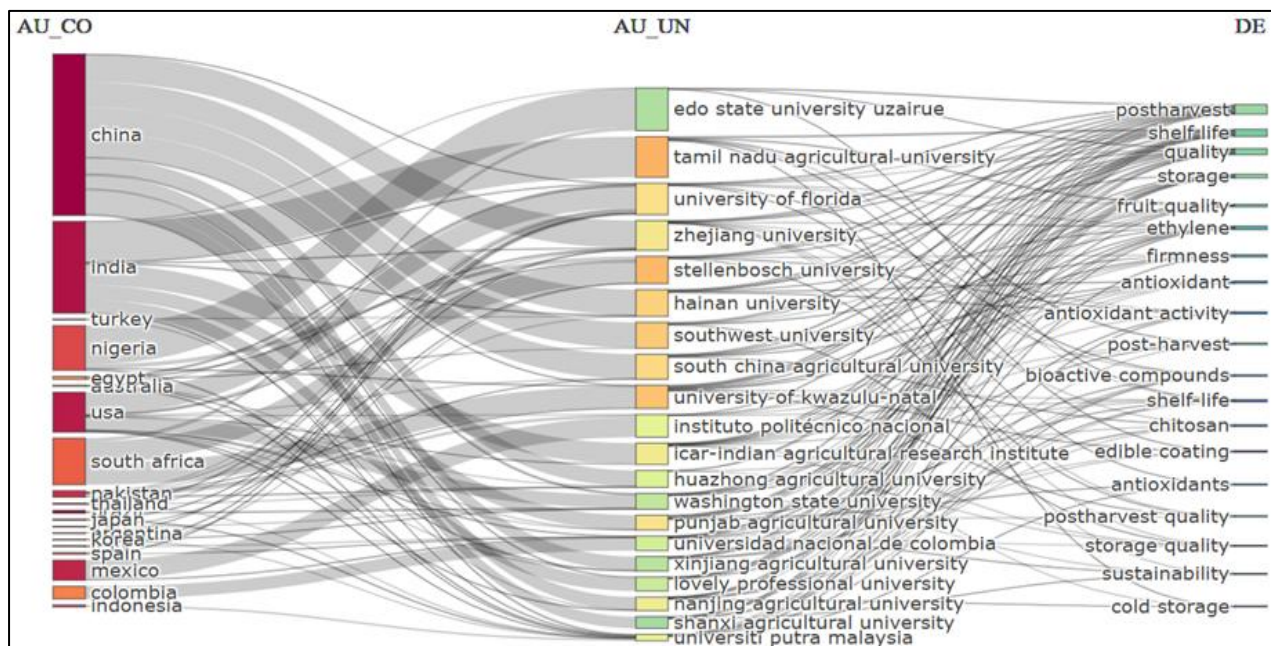
generan los cambios postcosecha. De igual forma, estas universidades han incursionado en la aplicación de materiales biodegradables y polímeros naturales en recubrimientos para conservar frutas, como parte de estrategias sostenibles para la industria alimentaria.

India con las Universidades Tamil Nadu Agricultural University, Punjab University y el ICAR - Indian Agricultural Research Institute, ha concentrado sus investigaciones en condiciones de almacenamiento de frutas y hortalizas, resaltando la importancia de controlar factores como la temperatura y la humedad para preservar la frescura y minimizar las pérdidas, además de otras estrategias orientadas a mejorar la estabilidad de los atributos organolépticos durante el transporte y la comercialización. Los estudios también abordan la prevención de pérdidas postcosecha asociadas a factores biológicos, como la contaminación por patógenos y el desarrollo de atmósferas controladas y aplicación de compuestos naturales con propiedades antimicrobianas. También son temas recurrentes el uso de recubrimientos comestibles y materiales biodegradables, que contribuyen a extender la vida útil de los productos. Estas técnicas se complementan con análisis de calidad mediante metodologías avanzadas que incluyen mediciones físico-químicas y bioquímicas para caracterizar cambios en textura, color y composición nutricional. Por último, se observa énfasis en sistemas ecológicamente sostenibles de gestión de residuos agroindustriales para lograr reducciones sustanciales en contaminación, al tiempo que se busca maximizar la recuperación de energía y material.

Por su parte, Estados Unidos con la University of Florida y la Whashington State University, ha enfocado sus estudios en el potencial de aprovechamiento de subproductos mediante procesos como la fermentación y la extracción de compuestos bioactivos, cuyas iniciativas buscan no solo reducir el impacto ambiental, sino también generar valor agregado a partir de los desechos. Otra tendencia destacada es la aplicación de tecnologías de empaque inteligente, que incluyen sensores capaces de monitorear las condiciones internas de los envases. Estos sistemas permiten evaluar en tiempo real factores críticos como la humedad, temperatura y concentración de gases, lo que contribuye a optimizar la frescura de los productos y minimizar las pérdidas en la cadena de suministro. Finalmente, se destaca el interés por la evaluación de la aceptación del consumidor respecto a nuevas estrategias de conservación y tecnologías aplicadas a productos hortícolas. Este enfoque

incluye análisis de las preferencias sensoriales y percepciones sobre la sostenibilidad de los productos tratados. Los estudios buscan equilibrar la innovación tecnológica con la satisfacción del consumidor, promoviendo soluciones que sean viables desde el punto de vista comercial y ambiental.

Figura 5. Principales países e instituciones relacionadas con agroindustria



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Bibliometrix®

Red de coocurrencia

El software VOSviewer® permite generar mapas de visualización de red que se basan en la coocurrencia y frecuencia de palabras claves cuyo agrupamiento conforma clústeres diferenciados por color y que permiten identificar temáticas de investigación con tópicos. En la Figura 6 se puede visualizar la red de coocurrencia de palabras clave la cual comprende 7 clústeres principales o grupos de interacción.

Clúster 1 Agricultura sostenible y optimización de residuos agroindustriales: Este clúster se enfoca en la investigación sobre la reutilización de residuos agroindustriales para desarrollar productos con mayor valor agregado, como fertilizantes o materiales compostables, promoviendo prácticas sostenibles; uso de subproductos agrícolas para

fabricar alimentos funcionales, incluyendo prebióticos, antioxidantes y productos ricos en fibra dietética; estudio de propiedades mecánicas y térmicas de bioplásticos a partir de materiales agroindustriales, optimizando sus propiedades para diversas aplicaciones.

Clúster 2 Bioenergía: Los temas más destacados en este clúster son la producción de biogás y biohidrógeno a partir de desechos agrícolas mediante digestión anaerobia; tecnologías avanzadas para convertir biomasa residual en bioenergía eficiente y sostenible; Valorización y uso de subproductos orgánicos como bagazo de caña y cáscaras de frutas para procesos bioenergéticos.

Clúster 3 Materiales innovadores y biotecnología: Este clúster evidencia tendencia en temas de creación de materiales biodegradables utilizando bacterias y celulosa extraída de desechos agroindustriales; uso de materiales derivados de residuos para remediación de suelos contaminados por metales pesados y contaminantes; desarrollo de enzimas como lipasas y xilanasas para procesos industriales; biorrefinerías multifuncionales centradas en maximizar el uso de desechos agroindustriales en procesos integrados que generan múltiples productos;

Clúster 4 Amarillo Ciclo de Vida y Compuestos Bioactivos: Son relevantes en este clúster los temas de investigación que abordan estrategias para evaluar la sostenibilidad de procesos industriales y la valorización de residuos lignocelulósicos. compuestos bioactivos derivados de estos procesos con aplicaciones que van desde antioxidantes hasta suplementos funcionales.

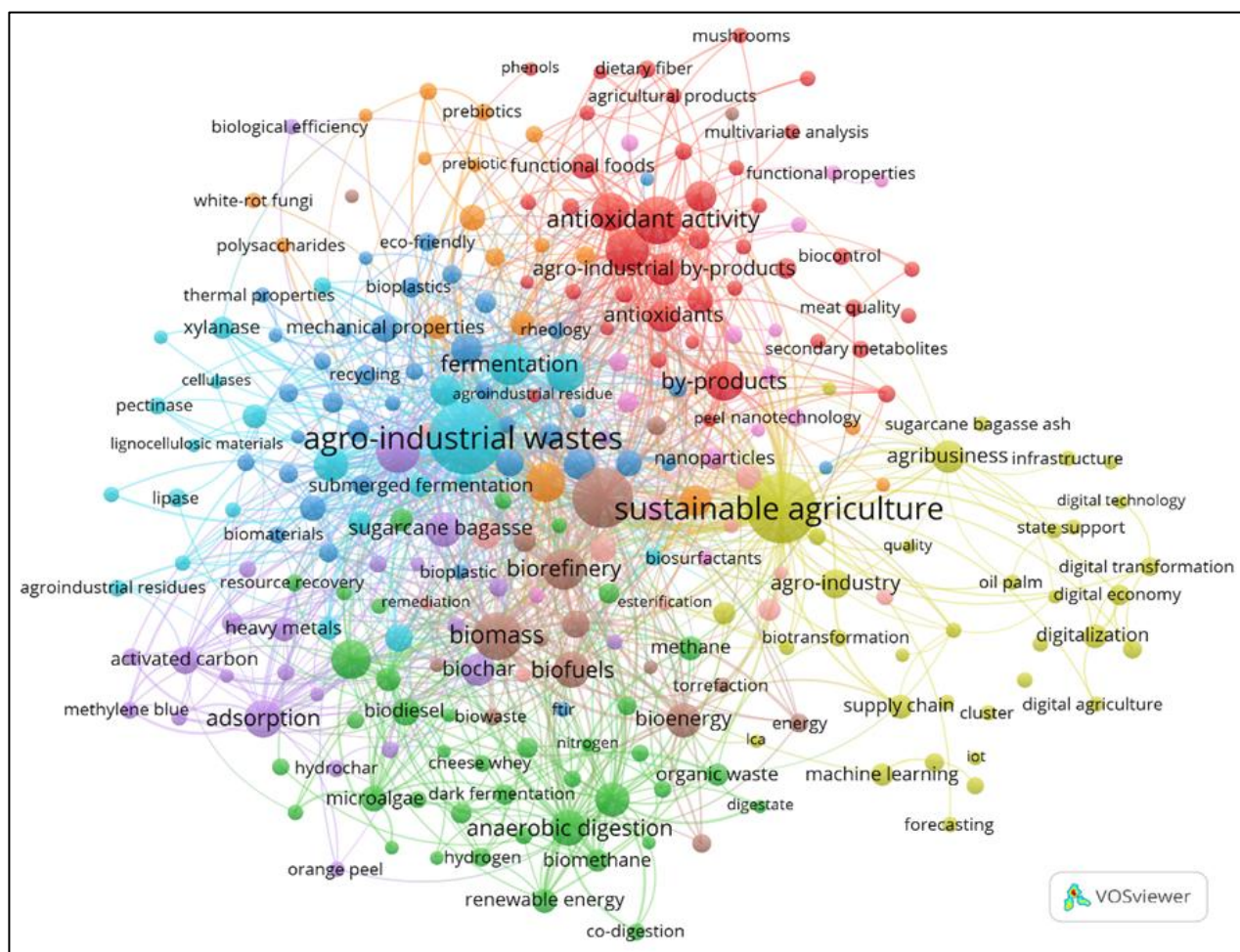
Clúster 5 Violeta Adsorción y tratamiento de residuos: Este clúster se centra en los estudios relacionados con uso de carbón activado para remediación evaluando el potencial del carbón activado derivado de residuos para purificar agua y eliminar contaminantes; también se identifica el énfasis en uso de materiales adsorbentes derivados de biomasa para remover metales pesados en efluentes industriales.

Clúster 6 Azul claro Aprovechamiento de residuos agrícolas y reciclaje: En este clúster son relevantes los estudios de reutilización de residuos lignocelulósicos como materia prima para biocombustibles y productos químicos renovables; subproductos agroindustriales utilizados en biorremediación, en especial adsorbentes naturales para la remoción de contaminantes del agua y el suelo; recuperación de recursos en la

agroindustria a través de la extracción de compuestos valiosos como lípidos y polisacáridos a partir de residuos.

Clúster 7 Naranja Economía bioactiva y bioconversión: Son temas importantes en este clúster las investigaciones relacionadas con producción de péptidos bioactivos con propiedades antioxidantes a partir de residuos agroindustriales; procesos de bioconversión a través del uso de microorganismos para transformar residuos en compuestos bioactivos con aplicaciones médicas y alimenticias; y producción de surfactantes y polímeros biodegradables a partir de subproductos industriales.

Figura 6. Red de Coocurrencia de tópicos clave



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Vosviewer®.

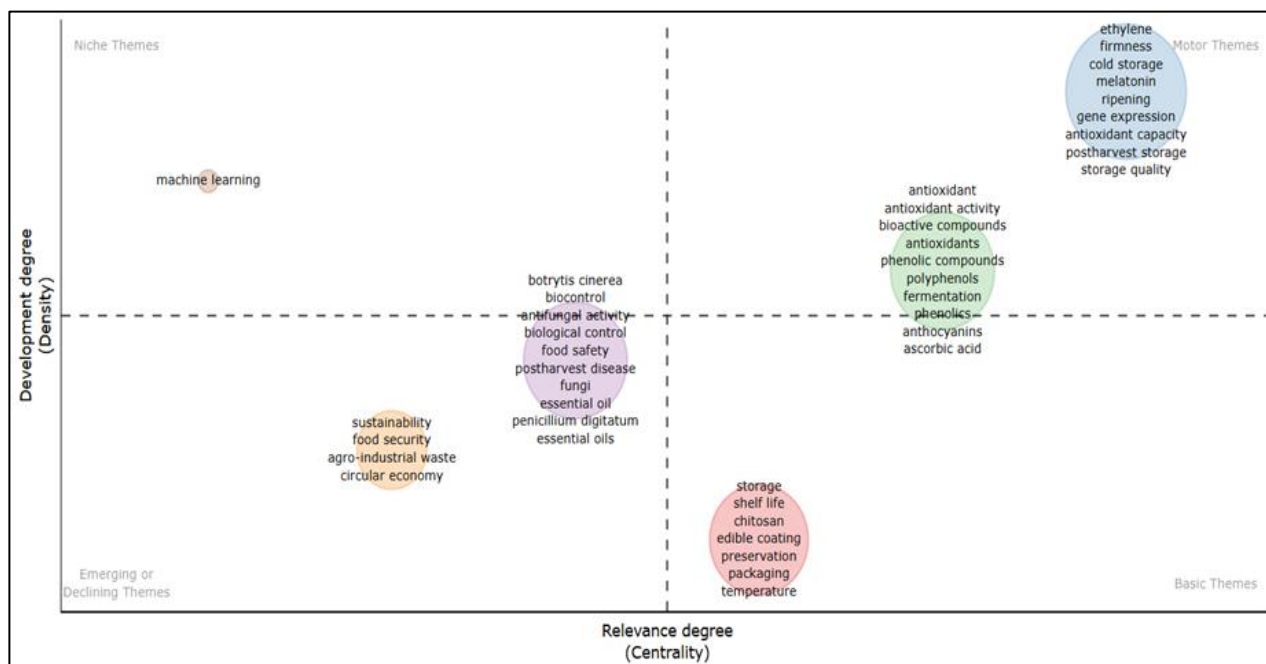
Mapa temático principales tendencias de investigación

Bibliometrix® permite desarrollar mapas temáticos al categorizar tópicos mediante un cálculo algorítmico que analiza la correlación de palabras clave encontradas en los resúmenes de diferentes publicaciones (Figura 7). Estas categorías se generan en función de la relación del grado de desarrollo y relevancia la cual permite identificar una distribución temática en cuatro cuadrantes:

- **Tópicos Motor:** se encuentran en el cuadrante superior derecho y se distinguen por su gran relevancia en la investigación (centralidad) y por el avanzado desarrollo del tema (densidad). En este cuadrante se identificaron temas relevantes como el papel de los antioxidantes en la extensión de la vida útil de frutas y otros productos agrícolas perecederos mediante la incorporación de compuestos bioactivos y la encapsulación de bacterias probióticas con antioxidantes; reutilización de desechos agroindustriales para la producción de compuestos bioactivos con el fin de fomentar un enfoque circular en la industria alimentaria, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la seguridad alimentaria; aplicación de técnicas de almacenamiento en frío y tratamientos como el uso de melatonina para mantener la calidad y firmeza de frutas durante el almacenamiento postcosecha; regulación de expresión génica para retrasar el proceso de maduración, mejorando la durabilidad de los alimentos; uso de aceites esenciales para el control de patógenos y micotoxinas en vegetales y frutas.
- **Tópicos Base o transversales:** Son aquellos tópicos del cuadrante inferior derecho, caracterizados por tener una importancia media y alto desarrollo. En este cuadrante son relevantes los tópicos de desarrollo de recubrimientos comestibles y soluciones de empaque innovadoras para extender la vida útil de productos perecederos; tratamientos no químicos que mantienen las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos; impacto de los compuestos fenólicos y antioxidantes en la fermentación y la estabilización de compuestos bioactivos para garantizar productos alimenticios más saludables; empaques bioactivos que inhiben el crecimiento de hongos y prolongan la frescura de frutas y hortalizas; gestión de enfermedades postcosecha mediante la aplicación de técnicas de control biológico y no químico.

- **Tópicos emergentes o decadentes:** son aquellos situados en el cuadrante inferior izquierdo, caracterizados por una importancia y desarrollo aún reducidos. Estos temas pueden estar vinculados a un área de investigación relativamente reciente o a un tópico que ha disminuido en relevancia. En este cuadrante son relevantes los temas de reutilización de desechos agroindustriales para generar productos de alto valor; reducción de desperdicios e incremento de la sostenibilidad en la cadena de valor agroalimentaria.
- **Tópicos altamente desarrollados:** se ubican en el cuadrante superior izquierdo, caracterizados por un elevado nivel de desarrollo, aunque su importancia global sigue siendo limitada. Aquí son importantes los temas de uso de "machine learning" en la predicción de calidad postcosecha y el monitoreo de condiciones de almacenamiento como factor potencial en la digitalización de procesos agroindustriales.

Figura 7. Mapa temático principales tendencias de investigación



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®. Información recuperada en diciembre de 2024. Software de procesamiento Bibliometrix®

Principales tendencias y perspectivas

El análisis de las publicaciones destaca un enfoque relevante en el aprovechamiento de residuos agroindustriales en línea con los principios de la economía circular, donde se exploran temas importantes como transformación de subproductos agrícolas en compuestos bioactivos, bioplásticos y bioenergía, lo que no solo reduce el impacto ambiental, sino que también fomenta la sostenibilidad económica en cadenas agroalimentarias. La reutilización de biomasa lignocelulósica y el desarrollo de bioproductos, como recubrimientos comestibles, se posicionan como áreas clave en este contexto.

Otra tendencia importante es el avance en tecnologías poscosecha para la conservación de frutas y hortalizas, donde se han desarrollado tratamientos físicos y químicos que mejoran la calidad y prolongan la vida útil de los productos, con énfasis en estrategias como el uso de antioxidantes, recubrimientos biodegradables y técnicas de almacenamiento en frío. Estas innovaciones no solo buscan preservar las propiedades organolépticas, sino también reducir pérdidas económicas asociadas al deterioro durante la distribución y comercialización.

El auge de la bioeconomía se refleja en la investigación orientada a tecnologías sostenibles como la bioenergía y la bioconversión. Este campo incluye la producción de biocombustibles, biogás y biohidrógeno a partir de desechos agroindustriales. La integración de herramientas analíticas avanzadas para caracterizar compuestos bioactivos y su impacto en la calidad alimentaria también emerge como una tendencia significativa, destacando el interés por la sostenibilidad y la innovación tecnológica en el sector agroindustrial.

La investigación y desarrollo de materiales biodegradables y recubrimientos naturales para la conservación de alimentos ha cobrado importancia, en especial el uso de polímeros derivados de residuos agroindustriales y aceites esenciales como componentes funcionales para prolongar la frescura y reducir la contaminación.

Como perspectivas importantes, las investigaciones sugieren que la integración de principios de sostenibilidad y bioeconomía será esencial para abordar los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria. Las estrategias emergentes incluyen la

optimización de sistemas circulares agroindustriales, con un énfasis en la reutilización de recursos y la minimización de residuos. El desarrollo de tecnologías inteligentes, como empaques bioactivos y sistemas de monitoreo en tiempo real, promete mejorar significativamente la eficiencia en cadenas de valor agroalimentarias.

Otra perspectiva clave es la transición hacia economías basadas en bioenergía y materiales biodegradables, con un enfoque en la investigación aplicada que integra biotecnología avanzada y métodos de control biológico. Estas iniciativas buscan no solo mitigar el impacto ambiental, sino también mejorar la competitividad económica de los sistemas agroindustriales.

Por último, es relevante el creciente interés en el uso de herramientas digitales y analíticas avanzadas, como el *machine learning*, para optimizar los procesos postcosecha. La capacidad de estas tecnologías para predecir la calidad de los productos almacenados y monitorear las condiciones de conservación en tiempo real se destaca como una oportunidad clave para reducir pérdidas, mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y garantizar productos de alta calidad para los consumidores.



AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria