



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.979>

**Recibido:** 2026-04-23

**Aceptado:** 2026-05-06

**Publicado:** 2026-07-02

## **Modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial: un análisis bibliométrico de tendencias**

### **Modeling and Optimization of Agroindustrial Processes Using Differential Calculus: A Bibliometric Analysis of Trends**

#### **Autor(s)**

**Blakeslees Streisand Suarez Munoz** <sup>1</sup>

[bsuarez@uagraria.edu.ec](mailto:bsuarez@uagraria.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7085-0567>

**Universidad Agraria del Ecuador**  
Guayas-Ecuador

**Cristian Andrés Flores Cadena** <sup>2</sup>

[cflores@uagraria.edu.ec](mailto:cflores@uagraria.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4071-7228>

**Universidad Agraria del Ecuador**  
Guayas-Ecuador

**Jessica Elizabeth Cedeño Bermeo** <sup>3</sup>

[jecedeno@uagraria.edu.ec](mailto:jecedeno@uagraria.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0004-9790-116X>

**Universidad Agraria del Ecuador**  
Guayas-Ecuador

**Luis Adrián Choez Acosta** <sup>4</sup>

[luis.choeza@ug.edu.ec](mailto:luis.choeza@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3370-7793>

**Universidad de Guayaquil**  
Guayas-Ecuador

**Cristhian Paul Rivadeneira Burgos** <sup>5</sup>

[cristhian.rivadeneirab@ug.edu.ec](mailto:cristhian.rivadeneirab@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0003-0515-9248>

**Universidad de Guayaquil**  
Guayas-Ecuador

#### **Como Citar**

Suarez Munoz , B. S., Flores Cadena , C. A., Cedeño Bermeo , J. E., Choez Acosta , L. A., & Rivadeneira Burgos , C. P. (2026). Modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial: un análisis bibliométrico de tendencias . *ASCE MAGAZINE*, 5(3). <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.979>



---

## Resumen

La agroindustria moderna requiere herramientas analíticas que permitan optimizar los procesos de producción, mejorar el uso de los recursos y reducir los impactos ambientales derivados del procesamiento de materias primas agrícolas. Por lo tanto, el modelamiento matemático y el cálculo diferencial constituyen bases cuantitativas fundamentales para el análisis de funciones objetivo, tasas de cambio y condiciones óptimas dentro de un sistema agroindustrial. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las tendencias científicas del modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial, a partir de un enfoque bibliométrico aplicado a la literatura indexada en Scopus y Web of Science. Para ello se elaboró un corpus final de 474 artículos, depurado según criterios de selección documental y procesado mediante herramientas bibliométricas orientadas al análisis de indicadores generales y a la construcción de un mapa temático. Los resultados mostraron una producción científica creciente, con participación de 1.722 autores e identificación de 1.799 términos conceptuales definidos por los mismos autores. El mapa temático permitió conocer los temas básicos del campo, las líneas de investigación más desarrolladas actualmente, los tópicos emergentes y los que han perdido visibilidad científica. Estos resultados aportan una visión estructurada de la evolución del área y constituyen una base para orientar futuras investigaciones tendientes al diseño de modelos agroindustriales más eficientes, sostenibles y adaptados a los desafíos productivos actuales.

**Palabras clave:** Agricultura; modelos matemáticos; optimización; bibliometría; ingeniería agrícola.



## Abstract

Modern agribusiness requires analytical tools to optimize production processes, improve resource use, and reduce the environmental impacts associated with the transformation of agricultural raw materials. In this regard, mathematical modeling and differential calculus are crucial quantitative foundations for analyzing objective functions, rates of change, and optimal conditions in agroindustrial systems. This study aimed to analyze scientific trends in the modeling and optimization of agroindustrial processes using differential calculus, employing a bibliometric approach applied to literature indexed in Scopus and Web of Science. A final corpus of 474 articles was compiled, refined according to documentary selection criteria, and processed using bibliometric tools focused on analyzing general indicators and constructing a thematic map. The results revealed a growing body of scientific output, with contributions from 1,722 authors and the identification of 1,799 conceptual terms defined by these same authors. The thematic map revealed the field's core themes, the most developed lines of research, emerging topics, and those that have lost scientific visibility. These results provide a structured view of the area's evolution and constitute a basis for guiding future research aimed at designing more efficient and sustainable agroindustrial models adapted to current production challenges.

**Keywords:** Agriculture; mathematical models; optimization; bibliometrics; agricultural engineering.



## Introducción

En la agroindustria actual se plantean desafíos cada vez mayores asociados a la necesidad de aumentar la eficiencia productiva, optimizar el uso de los recursos y disminuir los impactos ambientales. Estos retos se producen en un entorno en el que el cambio climático, la presión sobre los sistemas alimentarios y la volatilidad de los mercados agrícolas marcan el contexto. Frente a este escenario, el modelamiento matemático ha adquirido gran importancia en el estudio, la descripción y el control del comportamiento de los procesos agroindustriales, ya que aporta criterios cuantitativos para orientar decisiones basadas en la evidencia. En este marco, el cálculo diferencial constituye la base para la construcción de modelos continuos orientados a la optimización de procesos. Se aplica específicamente en problemas relacionados con la maximización del rendimiento, la minimización de costos, la eficiencia energética y la gestión óptima de insumos agrícolas. Diferentes estudios han utilizado derivadas, funciones objetivo y análisis de tasas de cambio como elementos fundamentales para el modelamiento de procesos aplicados a la producción de cultivos, a la transformación de alimentos, a la gestión de la biomasa y a la optimización de sistemas productivos complejos. Estas aplicaciones demuestran que el cálculo diferencial constituye una base analítica para interpretar variaciones, evaluar condiciones óptimas y mejorar el desempeño de los sistemas agroindustriales.

Si bien estas aplicaciones son relevantes, la producción científica en relación con el modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial está dispersa en diferentes áreas del conocimiento, tales como la ingeniería agroindustrial, la ciencia de alimentos, la biotecnología, la gestión ambiental y las matemáticas aplicadas. Esta dispersión dificulta identificar con nitidez los temas consolidados, las líneas actuales de investigación, los enfoques emergentes y los tópicos que han perdido visibilidad científica. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis que permita organizar la literatura disponible y reconocer la evolución conceptual del campo.

En este sentido, el análisis bibliométrico se presenta como una herramienta adecuada para examinar de forma objetiva y cuantitativa la producción científica, identificar patrones de crecimiento, evaluar la estructura conceptual del conocimiento acumulado y reconocer las principales tendencias de investigación. En particular, el mapa temático permite clasificar los tópicos científicos según su centralidad y densidad, lo que facilita la identificación de temas motores,



básicos, especializados, emergentes o en declive dentro de un campo de estudio. Esta aproximación resulta útil para estudiar la evolución de los modelos y la optimización agroindustrial mediante cálculo diferencial.

Con base en ello, el objetivo principal de este trabajo es analizar las tendencias científicas en el modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial, desde una perspectiva bibliométrica basada en la literatura indexada en Scopus y Web of Science. De manera específica, el estudio busca caracterizar la producción científica del campo, determinar sus principales indicadores bibliométricos y reconocer, mediante un mapa temático, los núcleos conceptuales que explican las líneas consolidadas, actuales, emergentes y declinantes de investigación. Así se aporta una visión estructurada que puede orientar futuras investigaciones hacia el diseño de modelos agroindustriales más eficientes, sostenibles y pertinentes frente a los desafíos productivos actuales.

El artículo está organizado en seis secciones. Esta introducción da paso a la segunda sección, que aborda las implicaciones conceptuales del modelamiento matemático, cálculo diferencial y optimización de los procesos agroindustriales. En la tercera sección se detalla la metodología seguida para la selección del corpus documental y para el análisis bibliométrico. En la cuarta sección se exponen los resultados de los indicadores generales y del mapa temático. En la quinta sección se discuten los resultados en relación con los objetivos del estudio y con las tendencias identificadas en la literatura. Por último, en la sexta sección se exponen las conclusiones, las perspectivas para futuras investigaciones y las limitaciones del estudio.

### **Implicaciones conceptuales**

#### **Modelamiento matemático de sistemas agroindustriales complejos**

El modelamiento matemático es un elemento esencial en la investigación de procesos agroindustriales, ya que permite la representación de sistemas productivos que presentan interacciones no lineales, múltiples variables y comportamientos dinámicos en el tiempo. En estos sistemas, se usan funciones continuas para describir las relaciones entre insumos, productos, condiciones ambientales y parámetros operativos, lo que facilita la evaluación de escenarios productivos y el diseño de estrategias de decisión basadas en evidencia cuantitativa (Wang et al., 2026; Sham et al., 2026; Pinheiro et al., 2026).

Desde el punto de vista bibliométrico, la frecuencia con que se emplea este enfoque en los estudios sobre agricultura intensiva, manejo de los cultivos, transformación de materias primas y sistemas



agroproduktivos permite afirmar su condición como una línea conceptual de importancia dentro del área. Su presencia en diferentes aplicaciones confirma que el modelamiento matemático funciona como una base metodológica para analizar la complejidad de los procesos agroindustriales y orientar la optimización de sus condiciones operativas.

### **Aplicación del cálculo diferencial en la optimización de procesos de producción**

La literatura consultada muestra que el cálculo diferencial es clave en la optimización continua de procesos agroindustriales. Mediante el análisis de derivadas, tasas de cambio y funciones objetivo es posible determinar niveles óptimos de producción (Pinheiro et al., 2026), uso de insumos y desempeño del sistema, sobre todo en escenarios orientados a maximizar la productividad, minimizar pérdidas o mejorar la eficiencia operativa.

Esta tendencia muestra que el cálculo diferencial no se reduce a una herramienta matemática formal, sino que también funciona como un recurso analítico para evaluar la sensibilidad de los parámetros, la eficiencia marginal y las condiciones óptimas en sistemas complejos agrícolas y agroindustriales. Por consiguiente, su uso permite comprender cómo las variaciones en las variables de entrada pueden alterar el comportamiento del proceso, el rendimiento final y la sostenibilidad técnica de las operaciones productivas (Durgawati et al., 2025).

### **Utilización óptima de insumos y recursos agrícolas**

Una línea importante en el modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales es la utilización óptima de insumos agrícolas, especialmente fertilizantes, agua, energía y otros recursos estratégicos. Algunos estudios han analizado los efectos de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y han propuesto modelos que puedan estimar niveles óptimos de uso, con el propósito de mejorar la productividad y reducir externalidades ambientales negativas (Sousa et al., 2025).

Este enfoque refleja una tendencia orientada al uso del cálculo diferencial como herramienta para equilibrar la productividad con la gestión racional de los recursos. Bajo este enfoque, el estudio de funciones objetivo, restricciones y tasas de cambio permite examinar el comportamiento de los sistemas productivos frente a variaciones en los factores de producción, lo que convierte esta línea investigativa en un elemento importante dentro del modelamiento de procesos agroindustriales.

### **Integración de la productividad y la sostenibilidad ambiental**

La literatura más reciente muestra una progresiva convergencia entre la optimización matemática y los objetivos de sostenibilidad ambiental. Tamborrino et al. (2025) enfatizan la importancia de incluir criterios productivos y tecnológicos en los procesos agroindustriales, y otros estudios han

integrado variables ambientales y de eficiencia energética en modelos enfocados en optimizar la productividad sin comprometer la estabilidad de los sistemas agrícolas y agroindustriales (Katyál et al., 2025; Mohery et al., 2025).

Desde el análisis bibliométrico, esta convergencia sugiere que el cálculo diferencial, la optimización de procesos y la sostenibilidad se articulan como una línea de investigación en crecimiento. Esta orientación muestra que el campo ha evolucionado desde enfoques centrados exclusivamente en la eficiencia productiva hacia perspectivas más integrales, capaces de enfrentar los desafíos actuales de la agroindustria, entre ellos la reducción de impactos ambientales, la valorización de residuos y el uso eficiente de recursos.

### **Diversificación de aplicaciones y metodologías**

Los estudios revisados muestran una amplia diversidad de aplicaciones del cálculo diferencial en el ámbito agroindustrial, desde el manejo particular de cultivos hasta el análisis de sistemas de producción a gran escala (Struszczuk-Świta et al., 2025). Esta pluralidad de métodos es indicativa de la madurez progresiva del campo, en tanto los modelos diferenciales pueden ajustarse a diversos contextos productivos, a problemas de transformación agroindustrial y a necesidades de optimización operativa (Struszczuk-Świta et al., 2025; Pinichka et al., 2025).

Desde una perspectiva bibliométrica, esta diversidad se manifiesta en una amplia estructura conceptual donde coexisten múltiples enfoques metodológicos, áreas de aplicación y niveles de especialización. Por ello, el uso de herramientas como el mapa temático se vuelve pertinente, ya que permite identificar patrones de investigación, reconocer tendencias dominantes y diferenciar los tópicos consolidados, emergentes o con pérdida de visibilidad dentro del campo.

### **Importancia de los métodos bibliométricos para identificar tendencias científicas**

La amplitud de los temas y la dispersión de los métodos que se han encontrado en la literatura hacen adecuado el uso del análisis bibliométrico como una estrategia para organizar y resumir los conocimientos que existen sobre el modelamiento y la optimización de los procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial (W. Wang et al., 2025). A diferencia de las revisiones narrativas, la bibliometría permite examinar de manera objetiva la evolución temporal de la producción científica, la configuración conceptual del campo y la aparición de nuevas líneas de investigación sobre el uso del cálculo diferencial en la optimización del sector agropecuario (Brimo-Alevra et al., 2025).



En este sentido, mediante el análisis bibliométrico se pueden reconocer las tendencias actuales del modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales. Esta aproximación ofrece una visión sistemática del desarrollo científico del área y plantea criterios útiles para guiar las futuras investigaciones hacia modelos más eficientes, sostenibles y aplicables a los retos actuales del sector agroindustrial (Naidu et al., 2025).

## Metodología

### Selección de los documentos

La selección de documentos se realizó mediante un proceso de identificación, depuración y filtrado basado en las recomendaciones generales de la metodología PRISMA, aplicada exclusivamente para garantizar la transparencia, la trazabilidad y la reproducibilidad en la constitución del corpus de estudio (véase la Figura 1). Cabe destacar que PRISMA no fue una técnica de análisis de datos, sino una guía para estructurar las etapas de búsqueda, revisión, eliminación de duplicados y selección final de los documentos incluidos en el análisis bibliométrico.

El uso de PRISMA en esta fase responde a la necesidad de contar con una estructura clara para la revisión de documentos en un ámbito caracterizado por la diversidad de tecnologías, enfoques metodológicos y aplicaciones relacionadas con la optimización agroindustrial. Recientemente, en estudios sobre la extracción optimizada de compuestos bioactivos y procesos relacionados con la valorización de subproductos, PRISMA se ha aplicado para organizar, depurar y reportar la evidencia científica disponible, lo que confirma su aplicabilidad como marco para la selección de documentos en este tipo de investigación (Prakash et al., 2025). Además, aporta transparencia al proceso mediante criterios de inclusión y exclusión, y mejora la trazabilidad del corpus utilizado en el análisis bibliométrico (Chandarana et al., 2021).

La información científica se recuperó de las bases de datos Scopus y Web of Science debido a su cobertura internacional, criterios de indexación e idoneidad para estudios bibliométricos. Los registros bibliográficos fueron descargados durante febrero de 2026 para garantizar la trazabilidad temporal del corpus analizado. Se elaboraron ecuaciones de búsqueda aplicadas en estas dos bases de datos para encontrar artículos relacionados con el modelamiento matemático, la optimización



de procesos agroindustriales y el cálculo diferencial. Las ecuaciones de búsqueda aplicadas en cada base de datos se presentan en la Tabla 1.

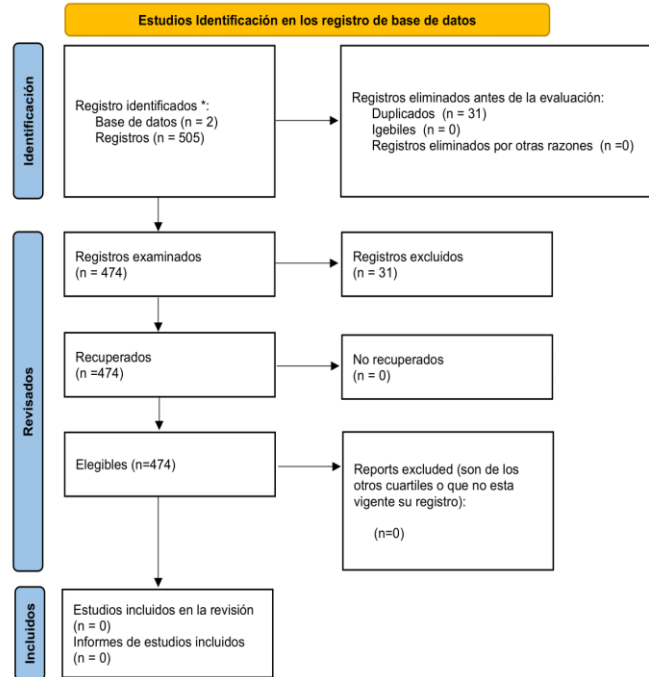
Scopus y Web of Science indexan literatura científica internacional, principalmente títulos, resúmenes y palabras clave en inglés; por lo tanto, las ecuaciones de búsqueda se elaboraron en inglés. Esta elección permitió una mejor recuperación de documentos pertinentes y minimizó el sesgo debido a traducciones incompletas. Asimismo, facilitó la recuperación de artículos publicados en revistas internacionales sobre modelamiento matemático, optimización de procesos agroindustriales y cálculo diferencial. Además, el uso de términos en inglés unificó los campos de búsqueda utilizados por ambas bases de datos y mejoró la comparabilidad de los registros recuperados.

Para la investigación se establecieron los siguientes criterios de inclusión: artículos científicos indexados en Scopus o Web of Science; documentos clasificados como artículos de investigación; publicaciones sobre procesos agroindustriales, agrícolas y agroalimentarios; e investigaciones relacionadas con modelamiento matemático, optimización, cálculo diferencial, derivadas u optimización continua. Los criterios de exclusión fueron: documentos duplicados, registros incompletos, artículos no clasificados como tales, publicaciones que no guardan relación temática con los objetivos de este estudio y trabajos que no abordan el modelamiento ni la optimización de procesos agroindustriales.

La búsqueda inicial permitió recuperar un total de 505 documentos. Posteriormente, estos registros se sometieron a un proceso de depuración, que incluyó la eliminación de duplicados, la verificación del tipo de documento y la confirmación de su relevancia temática con el objetivo del estudio. De esta manera, se preparó el corpus final utilizado para realizar el análisis bibliométrico.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo PRISMA para la selección del corpus documental*



**Tabla 1**

*Ecuaciones de búsqueda aplicadas en Scopus y Web of Science*

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Total de documentos
Scopus	TITLE-ABS-KEY (process AND (“agroindustrial” OR "agri-food" OR "agricultural”) AND (“mathematical model*” OR "process model*” OR "optimization”) AND (“differential calculus” OR "derivative*” OR "continuous optimization”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar”)))	346
Web of Science	(process AND (“agroindustrial” OR "agri-food" OR "agricultural”)) All Fields AND (“mathematical model*” OR "process model*” OR "optimization”) All Fields AND (“differential calculus” OR "derivative*” OR "continuous optimization”) All Fields Document Types: Article	159
Total		505



## **Análisis bibliométrico**

Para el análisis bibliométrico se desarrolló un flujo de trabajo posterior a la fase de identificación, depuración y selección documental descrita previamente (véase la Figura 2). Este procedimiento permitió convertir los registros recuperados en un corpus consolidado, adecuado para el cálculo de indicadores bibliométricos y el análisis de la estructura temática del campo.

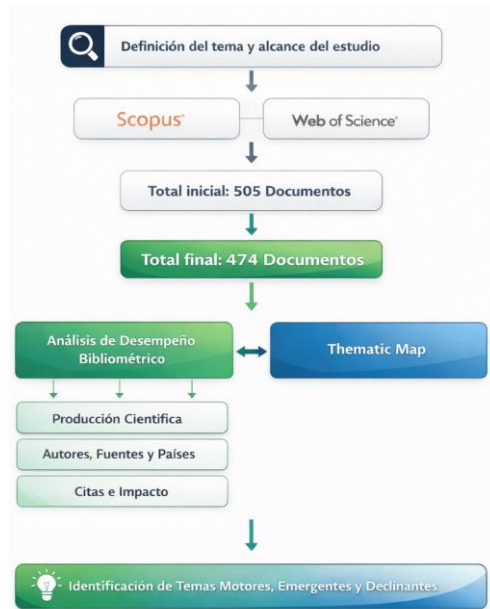
En primer lugar, se descargaron los registros bibliográficos de las bases de datos Scopus y Web of Science en formato CSV, con un total inicial de 505 documentos. Posteriormente, se procedió a la depuración de la base de datos a través de un código desarrollado en el lenguaje de programación Python, con énfasis en la eliminación de documentos duplicados y la estandarización de los registros bibliográficos. A partir de este proceso se obtuvo un corpus final de 474 documentos, convertidos al formato BIB para su procesamiento bibliométrico.

Luego se utilizó el paquete Bibliometrix del lenguaje R para procesar el corpus, el cual es una herramienta especializada para el análisis cuantitativo de la producción científica. A partir de este procesamiento se extrajeron indicadores generales del campo, tales como producción científica anual, número de fuentes, autores, coautorías, citas, referencias y palabras clave definidas por los autores.

Finalmente, se empleó el análisis de mapa temático con el fin de detectar la estructura conceptual del campo de estudio. Esta técnica permitió clasificar los temas según sus niveles de centralidad y densidad, lo que facilitó el reconocimiento de los temas básicos, motores, especializados, emergentes o en declive. Así, el análisis bibliométrico hizo posible examinar la tendencia científica del modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial. El mapa temático consideró las palabras clave definidas por los autores como la unidad de análisis conceptual. Los clústeres se interpretaron en función de sus valores de centralidad y densidad de Callon, lo que permitió clasificar los temas como básicos, impulsores, especializados, emergentes o en declive.

## Figura 2

### *Flujo de trabajo del análisis bibliométrico*



## Resultados

### Indicadores bibliométricos generales

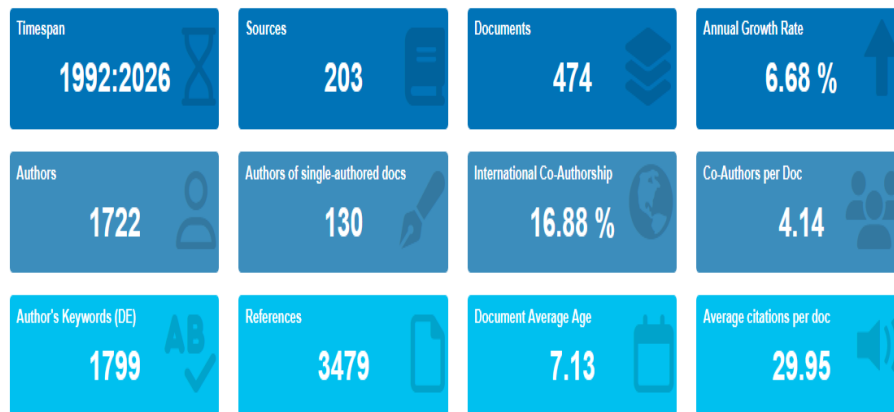
Se realizó un estudio bibliométrico de la producción científica sobre modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial, con un corpus final de 474 documentos publicados entre 1992 y 2026 (véase la Figura 3). Este periodo abarca más de tres décadas de investigación en el campo, lo que permite observar su evolución desde las aplicaciones iniciales del modelamiento matemático hasta los enfoques recientes centrados en la optimización de procesos agroindustriales.

La tasa de crecimiento anual del 6,68 % mantiene una tendencia de alto interés científico en la aplicación de herramientas matemáticas continuas para la optimización de procesos agroindustriales. Este comportamiento sugiere una consolidación progresiva del campo, asociada

al interés por mejorar la eficiencia productiva, el uso de recursos y la sostenibilidad de los sistemas agroindustriales.

### Figura 3

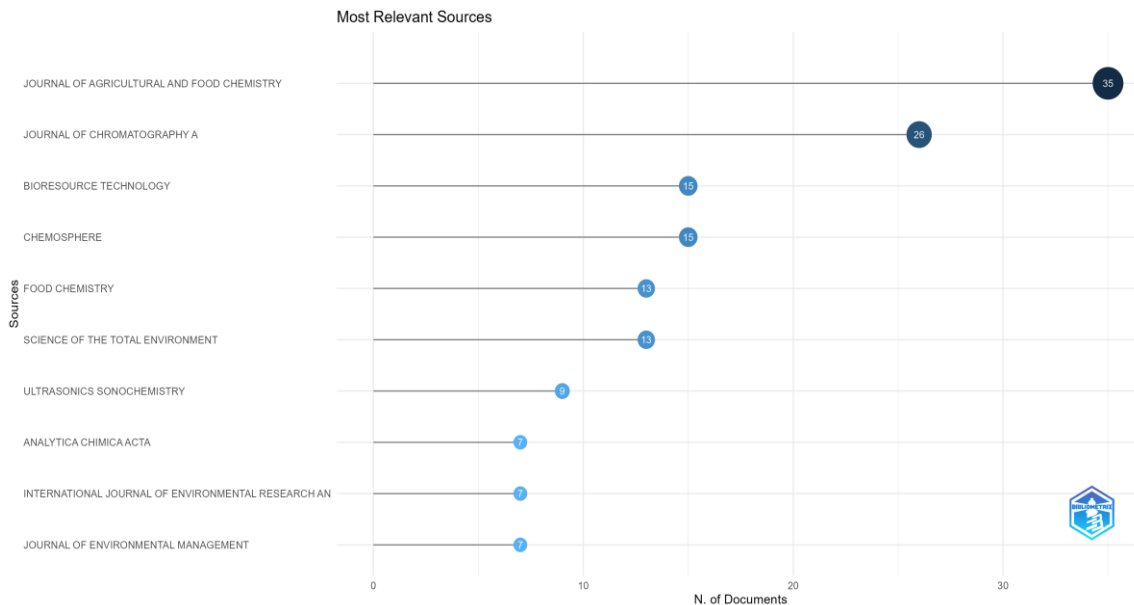
*Producción científica anual sobre modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial*



La literatura analizada está distribuida en 203 fuentes científicas (véase la Figura 4), principalmente revistas especializadas. Esta distribución refleja una alta dispersión editorial y confirma la naturaleza interdisciplinaria del campo, en el que convergen la ingeniería agroindustrial, la ingeniería de procesos, las ciencias agrícolas, la ciencia de los alimentos y el modelamiento matemático aplicado. La edad media de los documentos, estimada en 7,13 años, también indica que se trata de un dominio activo, con una base científica relativamente reciente y en constante actualización.

## Figura 4

### *Indicadores bibliométricos generales del corpus analizado*



### **Impacto, colaboración autorial y términos conceptuales**

En cuanto al impacto académico, los documentos analizados presentan un promedio de 29,95 citas por artículo, lo que refleja un nivel importante de visibilidad dentro de la comunidad científica. El corpus presenta un total de 3.479 referencias, lo que evidencia una sólida base teórica y metodológica relacionada con la optimización matemática, el análisis diferencial y las aplicaciones agroindustriales.

En cuanto a la autoría, se han identificado 1.722 autores en el corpus analizado. De este total, 130 corresponden a autores de documentos de autoría única, y otros 131 documentos fueron elaborados de forma individual. Estos resultados demuestran que, a pesar de que existen contribuciones individuales, la investigación en este campo se desarrolla principalmente a través de esquemas de colaboración científica. Dicha tendencia se refuerza con un promedio de 4,14 coautores por documento, lo que pone de manifiesto la complejidad técnica del tema y la necesidad de integrar enfoques provenientes de distintas áreas del conocimiento.



diferencial. Estos núcleos son líneas temáticas con distinto grado de desarrollo, de centralidad y de integración en el campo, lo que permite reconocer temas básicos, impulsores, especializados, emergentes o en declive.

Dentro de la estructura conceptual identificada, el modelamiento matemático de procesos agroindustriales se plantea como un eje de importancia, ya que se aplica para describir relaciones funcionales entre variables continuas como rendimiento, insumos, parámetros operativos y condiciones ambientales. Este enfoque brinda apoyo analítico para el diseño de estrategias de optimización orientadas a mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas agroindustriales (Khan & Rahman, 2026; Sun et al., 2025).

El análisis del mapa temático permitió identificar 16 clústeres, ordenados por sus valores de centralidad y densidad (véase la Tabla 2). En la Figura 6, se proyectan estos clústeres en el plano temático, lo que permite interpretar la posición relativa de cada tema en el campo, así como diferenciar el grado de consolidación, especialización o proyección científica de cada uno.

**Tabla 2**

*Clústeres identificados en el mapa temático según centralidad y densidad de Callon*

Clúster	Centralidad de Callon	Densidad de Callon
<b>optimization</b>	0,723	69,583
<b>response surface methodology</b>	1,211	54,874
<b>adsorption</b>	0,398	71,351
<b>pesticides</b>	0,689	75,010
<b>agricultural waste</b>	0,775	56,333
<b>fermentation</b>	1,039	68,182
<b>phenolic compounds</b>	1,157	69,085
<b>antioxidant</b>	0,577	49,704
<b>lc-ms/ms</b>	0,167	72,037
<b>antifungal activity</b>	0	50
<b>chemometrics</b>	0	50
<b>near-infrared spectroscopy</b>	0	70,833
<b>oat protein</b>	0	62,500
<b>light conversion film</b>	0	50
<b>model</b>	0	66,667

**saccharomyces cerevisiae**

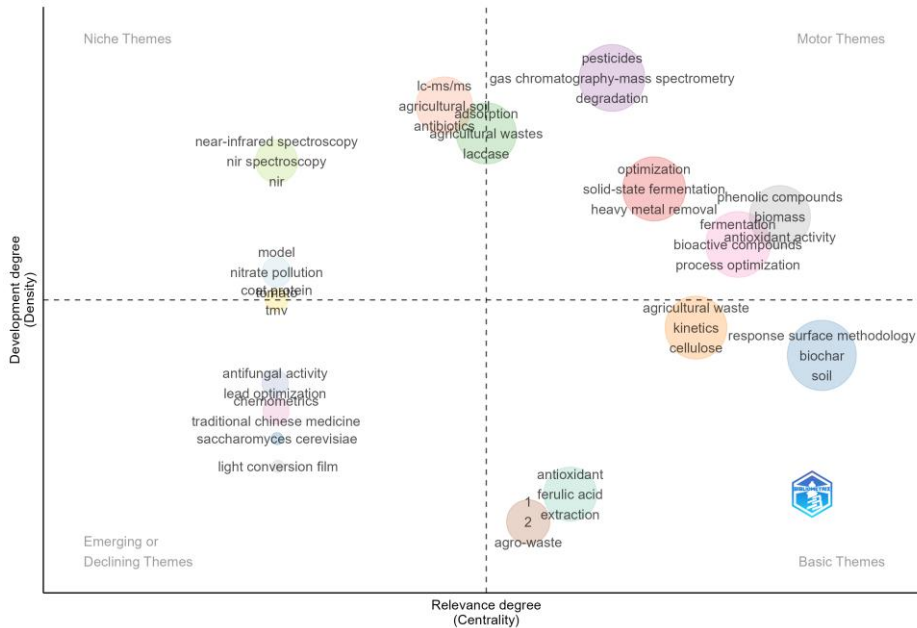
0

50

**Nota.** La centralidad de Callon se refiere al grado de vinculación de cada clúster con el resto del campo temático, en tanto que la densidad de Callon señala el nivel de desarrollo interno del clúster.

## Figura 6

### Mapa temático del campo de estudio



### Temas básicos

El cuadrante de temas básicos está formado por los tópicos transversales que soportan la investigación en modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial. Dentro de este marco, la optimización de procesos productivos se constituye en una línea importante, ya que el cálculo diferencial permite definir funciones objetivo, analizar tasas de cambio e identificar condiciones óptimas de operación. Estos enfoques son adecuados para el estudio de los sistemas agrícolas y agroindustriales, ya que les permiten representar sus principales características estructurales y funcionales (Brimo-Alevra et al., 2025; Naidu et al., 2025).

En este cuadrante también se identifica como eje la optimización de recursos e insumos como fertilizantes, agua y energía. Esta orientación muestra el interés científico por mejorar la productividad mediante modelos continuos que permitan valorar la eficiencia marginal y el comportamiento de los sistemas productivos frente a cambios en los recursos disponibles (Hülsemann et al., 2025; Tong et al., 2025).

Otra línea importante es la valoración y gestión de los residuos agroindustriales. En este caso, se emplea el modelamiento matemático para el análisis de procesos de extracción, conversión y aprovechamiento de subproductos, con la incorporación de criterios de eficiencia y sostenibilidad (Liu et al., 2025; Gao et al., 2025). Además, estudios orientados a la evaluación del desempeño y la eficiencia de procesos emplean el cálculo diferencial para establecer condiciones de equilibrio y estudiar el comportamiento del sistema en diferentes escenarios de operación, lo que resalta su relevancia como herramienta metodológica en este campo (Faggiano et al., 2025; Rajeshwari et al., 2025).

En conjunto, estos temas constituyen la base conceptual y metodológica de la investigación orientada a la optimización en la agroindustria. Esto implica que su ubicación en el cuadrante de los temas básicos los convierte en líneas muy conectadas con el resto del campo, de forma tal que funcionan como ejes de articulación entre la investigación consolidada y los enfoques emergentes.

**Tabla 3**  
*Conceptualización de los temas básicos*

Título del artículo	Año	País	Tipo de modelo matemático	Área de aplicación en agroindustria	Metodología utilizada	Resultados obtenidos
<b>Dynamical analysis of a fractional maize stress model</b>	2026	Arabia Saudita	Modelo diferencial fraccional	Producción agrícola (cultivos)	Modelamiento dinámico mediante cálculo diferencial fraccional	Identificación de condiciones óptimas de crecimiento y análisis de estabilidad del sistema
<b>Impact of sunflower seed meal on agricultural productivity</b>	2026	Rumania	Modelo matemático continuo	Producción agrícola	Modelamiento matemático y análisis de sensibilidad	Mejora del rendimiento agrícola mediante optimización de insumos
<b>Effect of fermentation on non-water infrared responses</b>	2025	India	Modelo matemático aplicado	Procesos agroalimentarios	Modelamiento matemático combinado con análisis experimental	Optimización del proceso fermentativo y mejora de calidad del producto
<b>Hydrothermal and organosolv</b>	2025	Grecia	Modelo matemático continuo	Biomasa y agroindustria	Modelamiento de procesos y optimización de	Incremento de eficiencia en la



---

treatments for hydrolysis					variables operativas	conversión de biomasa
Ultrasound-enhanced bio-based active packaging	2025	China	Modelo matemático aplicado	Agroindustria alimentaria	Análisis experimental con soporte matemático	Optimización del proceso de producción y mejora funcional del material

---

*Nota.* Los artículos considerados en esta tabla corresponden a Khan y Rahman (2026), Dossa et al. (2026), Durgawati et al. (2025), Brimo-Alevra et al. (2025) y Sun et al. (2025).

### Temas motores: tendencia actual

El mapa temático identificó un conjunto de temas motores que coinciden con las líneas de investigación más actuales, consolidadas y dinámicas del modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial. Los temas analizados presentan altos niveles de centralidad y densidad, lo que evidencia su carácter estratégico y el grado de desarrollo científico que poseen dentro del campo.

Un tema impulsor es la optimización avanzada de los procesos agroindustriales con un enfoque de sostenibilidad. En esta línea, el cálculo diferencial puede maximizar rendimientos, mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental de los procesos de transformación agroalimentaria y de valorización de subproductos (Pinheiro et al., 2026; Sousa et al., 2025). Esta tendencia evidencia un giro del campo hacia modelos de optimización multifactorial que incorporan criterios productivos, ambientales y operativos.

También se consolida el modelamiento matemático de sistemas agroindustriales complejos y dinámicos como herramienta relevante para el análisis de dinámicas no lineales, sensibilidad de parámetros y condiciones óptimas bajo restricciones técnicas y ambientales. La frecuencia con la que aparecen estos métodos en la literatura actual es evidencia de la importancia que tiene el cálculo diferencial para resolver los problemas actuales de la agroindustria (Szczepanska et al., 2025; Mohery et al., 2025).

Otros temas de interés son los procesos biotecnológicos y bioenergéticos como la digestión anaeróbica o la valorización de la biomasa. En estos casos, los modelos diferenciales son una herramienta útil para estudiar cinéticas, fenómenos de transporte y el rendimiento a escala, lo cual contribuye a una mejor comprensión y optimización de procesos de gran valor agroindustrial (Safdari & Hamidi-Esfahani, 2025; Saleem et al., 2025). También se muestra una mayor

integración del cálculo diferencial con herramientas computacionales y métodos híbridos de optimización, lo que mejora la capacidad predictiva y la aplicabilidad de los modelos desarrollados (Khalid et al., 2025; Pariani et al., 2025).

En conjunto, los temas motores identificados reflejan la tendencia actual del campo hacia la integración entre optimización matemática, sostenibilidad y complejidad de los procesos agroindustriales. Esta configuración ratifica que el cálculo diferencial es un pilar metodológico para el desarrollo de investigaciones orientadas al mejoramiento de la eficiencia, el control y la sostenibilidad de los sistemas agroindustriales (Zhang et al., 2025; Serbent, 2025).

**Tabla 4**

*Conceptualización de la tendencia actual*

<b>Título del artículo</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Tipo de modelo matemático</b>	<b>Área de aplicación en agroindustria</b>	<b>Metodología utilizada</b>	<b>Resultados obtenidos</b>
<b>Peanut skin bioactive extract on pectin and gelatin films</b>	2026	Brasil	Modelo matemático aplicado	Agroindustria alimentaria sostenible	Metodología experimental con soporte matemático	Mejora del desempeño funcional del material y optimización del proceso
<b>Impact of sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) seed</b>	2026	Rumania	Modelo matemático aplicado	Producción agroindustrial	Análisis experimental con soporte matemático	Incremento del rendimiento productivo y eficiencia del uso de insumos
<b>Microwave hydrodiffusion and gravity: a green extraction</b>	2025	Portugal	Modelo matemático aplicado	Procesos agroalimentarios sostenibles	Modelamiento experimental y optimización de variables	Optimización del proceso de extracción y reducción del impacto ambiental
<b>High-yield vanillin production through RSM optimization</b>	2025	Polonia	Modelo diferencial y optimización continua	Bioprocesos agroindustriales	Modelamiento matemático, optimización y simulación	Maximización del rendimiento y mejora del control del proceso
<b>Valorization of papaya fruit peel waste</b>	2025	India	Modelo matemático aplicado	Valorización de residuos agroindustriales	Metodología experimental con soporte matemático	Mejora de la eficiencia del proceso y aprovechamiento de subproductos

*Nota.* Los artículos considerados en esta tabla corresponden a Pinheiro et al. (2026), Dossa et al. (2026), Sousa et al. (2025), Szczepanska et al. (2025) y Katyal et al. (2025).



---

### **Temas emergentes y especializados: futuras líneas de investigación**

El mapa temático reflejó una serie de subcampos de alta densidad conceptual y baja centralidad, lo que muestra la existencia de líneas muy especializadas y todavía poco integradas con el resto del campo. Esta posición evidencia que estos temas se desarrollan principalmente en contextos específicos; sin embargo, poseen potencial para orientar nuevas investigaciones sobre el modelamiento y la optimización de los procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial.

Entre los subcampos más importantes se encuentran los modelos diferenciales aplicados a procesos agroindustriales especializados como los sistemas bioenergéticos, el aprovechamiento selectivo de biomasa con valor añadido y la optimización de subprocesos complejos. En estos estudios, Wang et al. (2026) demuestran cómo el cálculo diferencial puede ser útil para analizar sistemas dinámicos, y otros trabajos utilizan esta herramienta para investigar dinámicas no lineales, la sensibilidad de los parámetros y los fenómenos de transporte en sistemas muy complejos (Katyal et al., 2025).

De forma similar, la combinación del cálculo diferencial con métodos computacionales avanzados, tales como simulaciones numéricas y métodos de optimización híbridos, es una línea de trabajo con potencial para su crecimiento (Saleem et al., 2025). Estos enfoques pretenden mejorar la capacidad predictiva de los modelos en situaciones donde los métodos analíticos tradicionales tienen limitaciones (Pariani et al., 2025). También se han encontrado estudios que han abordado la optimización de procesos ante condiciones de incertidumbre y variabilidad ambiental mediante modelos diferenciales orientados a evaluar estrategias de resiliencia y adaptabilidad de los sistemas agroindustriales (Lou et al., 2025; Morales Urrea et al., 2024).

Por último, existen otros subcampos que tratan de optimizar procesos de alto valor añadido, como el diseño de procesos verdes o la recuperación selectiva de compuestos funcionales. En estas aplicaciones, el cálculo diferencial facilita la estimación de condiciones óptimas a escala específica, lo que mejora la eficiencia del sistema productivo (Evelyn et al., 2024; Cattaneo & Marinoni, 2024). En conjunto, estas áreas coinciden con líneas emergentes de alta especialización, cuya posición en el mapa temático indica posibilidades de consolidación científica a medio plazo (La Rubia et al., 2024; Eddaoukhi et al., 2024).

**Tabla 5**

*Conceptualización de futuras tendencias*

Título	Año	País	Tipo de modelo matemático	Área de aplicación en agroindustria	Metodología utilizada	Resultados obtenidos
<b>Optimizing nitrogen-water use efficiency</b>	2026	Estados Unidos	Modelo diferencial dinámico / no lineal	Optimización de uso de insumos agrícolas	Modelamiento matemático, simulación y optimización	Identificación de condiciones óptimas con alto potencial de escalabilidad futura
<b>Optimising multi-site sensor networks in lowland</b>	2025	Reino Unido	Modelo matemático emergente	Monitoreo y control de sistemas agroproductivos	Metodología experimental con soporte analítico	Mejora del control del sistema y optimización del desempeño operativo
<b>Valorization of papaya fruit peel waste</b>	2025	India	Modelo diferencial aplicado a procesos bioquímicos	Valorización de residuos agroindustriales	Modelamiento matemático y optimización de procesos	Incremento del aprovechamiento de subproductos con impacto en sostenibilidad
<b>Removal of naphthol green B and indigo carmine</b>	2025	Pakistán	Modelo cinético diferencial	Tratamiento y remoción de contaminantes agroindustriales	Modelamiento cinético y simulación computacional	Alta eficiencia de remoción bajo condiciones óptimas del proceso
<b>Detection of amylose in fresh corn ears based</b>	2025	China	Modelo matemático predictivo	Control de calidad y análisis agroalimentario	Modelamiento matemático y técnicas analíticas avanzadas	Mejora en la precisión del análisis y apoyo a decisiones productivas

*Nota.* Los artículos considerados en esta tabla corresponden a Wang et al. (2026), Homan et al. (2025), Katyal et al. (2025), Saleem et al. (2025) y Xue et al. (2025).

**Temas declinantes: pérdida de visibilidad científica**

El mapa temático facilitó la identificación de un conjunto de temas en declive, caracterizados por bajos niveles de centralidad y densidad. Esta posición indica una menor articulación con el resto del campo y una relativa reducción de su desarrollo conceptual en la literatura de modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial. Estos temas corresponden, principalmente, a los enfoques asociados con etapas previas del campo, que han sido desplazados progresivamente por modelos más complejos, integrales y orientados a problemas productivos contemporáneos.

Los temas con menor presencia reciente son los modelos diferenciales simplificados con supuestos lineales y reducido número de variables. Estas perspectivas, si bien han sido importantes para el desarrollo inicial del área, hoy en día presentan limitaciones para comprender la complejidad de los sistemas agroindustriales, sobre todo, cuando se necesita incorporar dinámicas no lineales, múltiples restricciones y criterios de sostenibilidad (de Lima Santos et al., 2025). También, otros estudios han enfocado la optimización en procesos aislados, sin considerar criterios como la sostenibilidad, la eficiencia ambiental o el análisis sistémico, lo que podría justificar su menor visibilidad en la literatura más reciente (Baseri, 2023).

Finalmente, hay trabajos que aplican el cálculo diferencial en contextos productivos muy puntuales, lo que reduce las posibilidades comparativas y de generalización científica de sus resultados. Estos enfoques se presentan con menor frecuencia, lo que apunta a un cambio de paradigma en el campo, con tendencia hacia modelos más integrales, adaptables y relevantes para el análisis de sistemas agroindustriales a mayor escala (Ayad et al., 2022). En líneas generales, esta disminución refleja un proceso de maduración y reestructuración del área, donde los enfoques más limitados han sido superados por estrategias más sólidas de optimización, capaces de responder a los desafíos actuales de la agroindustria.

## Tabla 6

### *Conceptualización de temas declinantes*

Título del artículo	Año	País	Tipo de modelo matemático	Área de aplicación en agroindustria	Metodología utilizada	Resultados obtenidos
<b>Process optimization of phytoantioxidant and photoprotective compounds from carob pods (<i>Ceratonia siliqua</i> L.) using ultrasonic assisted extraction method</b>	2022	Argelia	Modelo de optimización de extracción	Extracción de compuestos bioactivos	Extracción asistida por ultrasonido y optimización de proceso	Se determinaron condiciones óptimas que permiten mejorar la recuperación de compuestos fitoantioxidantes y fotoprotectores a partir de vainas de algarrobo, lo que demostró la utilidad de la optimización en procesos específicos de extracción agroindustrial.



---

<b>Agricultural crop of <i>Scrophularia striata</i> as a new dye for eco-friendly dyeing and bioactive finishing of handwoven piles</b>	2023	Irán	Modelo aplicado experimental	Uso agroindustrial de colorantes naturales	Evaluación experimental de tinte natural y acabado bioactivo	Se demostró la posibilidad de utilizar <i>Scrophularia striata</i> como fuente de colorante natural para procesos de teñido ecológico y acabado bioactivo; sin embargo, su aplicación se mantiene en un contexto productivo específico.
<b>Convective drying of papaya seeds: Impact of ethanol pretreatment</b>	2025	Brasil	Modelo aplicado de secado	Procesamiento y valorización de semillas	Secado convectivo con pretreatmento de etanol	Se estudió el efecto del pretratamiento con etanol sobre el secado convectivo de semillas de papaya y se observaron cambios en el comportamiento del proceso y en la eficiencia del secado bajo condiciones específicas de operación.

---

**Nota.** Los artículos considerados en esta tabla corresponden a Ayad et al. (2022), Baseri (2023) y de Lima Santos et al. (2025).

## Discusión

El presente estudio tuvo como propósito determinar si el enfoque bibliométrico permite conocer las tendencias actuales en modelamiento y optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial. A partir del análisis de 474 artículos indexados en Scopus y Web of Science, se observa que la bibliometría constituye una estrategia apropiada para examinar la evolución científica del campo, reconocer sus principales núcleos conceptuales y diferenciar líneas de investigación consolidadas, emergentes y declinantes.

Los indicadores bibliométricos evidencian que la producción científica en torno a este tema ha tenido una tendencia creciente y sostenida desde 1992 hasta 2026. Este comportamiento confirma que el cálculo diferencial ha alcanzado una importante presencia como sustento metodológico para el análisis de los procesos agroindustriales, principalmente en investigaciones orientadas a la optimización de recursos, mejoramiento del rendimiento y sostenibilidad productiva. Esto coincide



con estudios recientes que destacan el empleo de modelos matemáticos continuos y técnicas de optimización para mejorar procesos tales como la extracción, la fermentación, el aprovechamiento de subproductos y la eficiencia operativa en los sistemas agroindustriales (Brimo-Alevra et al., 2025; Naidu et al., 2025; Hülsemann et al., 2025; Tong et al., 2025).

El análisis de la estructura conceptual permitió identificar que los temas básicos del campo se vinculan con la optimización de los procesos productivos, el uso eficiente de insumos y la valorización de los residuos agroindustriales. Estos resultados coinciden con estudios que han empleado modelamiento matemático para analizar procesos de recolección, procesamiento y aprovechamiento de subproductos con base en criterios de eficiencia y sostenibilidad (Liu et al., 2025; Gao et al., 2025). Además, los estudios orientados a evaluar el desempeño y la eficiencia de los procesos confirman la utilidad del cálculo diferencial para determinar las condiciones de equilibrio, las tasas de cambio y los escenarios óptimos de operación (Faggiano et al., 2025; Rajeshwari et al., 2025).

Los resultados de los temas motores indican que la tendencia actual del campo apunta hacia modelos de optimización multifactorial que conjugan criterios productivos, ambientales y tecnológicos. Esta orientación se alinea con estudios recientes que evidencian la aplicación del cálculo diferencial en procesos agroalimentarios sostenibles, valorización de subproductos, eficiencia energética y mejora del rendimiento agroindustrial (Pinheiro et al., 2026; Sousa et al., 2025). De la misma forma, los resultados se asemejan a los obtenidos en estudios que enfatizan la importancia del modelamiento matemático en sistemas complejos, dinámicos y con limitaciones técnicas o ambientales (Szczepanska et al., 2025; Mohery et al., 2025).

Los temas emergentes y especializados identificados en el mapa temático indican una evolución del campo hacia aplicaciones más complejas, especialmente en procesos biotecnológicos, bioenergéticos, simulaciones numéricas y métodos híbridos de optimización. Esto concuerda con estudios que emplean modelos diferenciales para el análisis de cinéticas, fenómenos de transporte, valorización de biomasa, comportamiento de sistemas frente a condiciones variables, entre otros (Safdari & Hamidi-Esfahani, 2025; Saleem et al., 2025; Khalid et al., 2025; Pariani et al., 2025). Desde el punto de vista metodológico, la combinación entre el cálculo diferencial y las



herramientas computacionales amplía la capacidad predictiva de los modelos y refuerza su aplicabilidad en escenarios agroindustriales complejos.

Por otra parte, los temas declinantes presentan menor visibilidad de los enfoques centrados en modelos simplificados, aplicaciones aisladas o análisis con baja integración sistémica. Esta pérdida de centralidad no significa necesariamente una falta de valor científico, sino más bien una evolución del campo hacia modelos más integrales que aborden múltiples variables, restricciones ambientales y criterios de sostenibilidad. En este sentido, los resultados indican que la investigación contemporánea ha superado progresivamente los enfoques estrictamente productivistas y ha avanzado hacia esquemas de optimización más robustos y adecuados a los retos actuales de la agroindustria.

En conjunto, los resultados muestran que el análisis bibliométrico no solo permite identificar la evolución cuantitativa de la producción científica, sino también interpretar la evolución conceptual del área. Desde un punto de vista práctico, los resultados constituyen una base para orientar las investigaciones futuras hacia modelos agroindustriales más eficientes, sostenibles y transferibles. Desde el punto de vista metodológico, el estudio muestra la utilidad del mapa temático para la clasificación de líneas de investigación según grado de consolidación, especialización y proyección científica. De este modo, la bibliometría ofrece una lectura estructurada de la evolución del modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial.

## Conclusiones

Este estudio analizó las tendencias científicas del modelamiento y la optimización de procesos agroindustriales mediante cálculo diferencial, a partir de un enfoque bibliométrico sobre artículos indexados en Scopus y Web of Science. Los resultados permiten responder afirmativamente a la pregunta de investigación, puesto que el análisis bibliométrico facilitó la identificación objetiva y estructurada de la evolución del campo, sus principales núcleos conceptuales y las líneas de investigación con mayor proyección científica.

Los indicadores bibliométricos mostraron un crecimiento sostenido en la producción científica, una amplia diversidad temática y la importante participación de los autores en el uso del cálculo diferencial como herramienta para analizar, representar y optimizar los sistemas agroindustriales.



Estos resultados reafirman que el campo ha adquirido una relevancia progresiva, principalmente por su contribución al estudio de procesos productivos, uso eficiente de los recursos, eficiencia energética, valorización de residuos y sostenibilidad agroindustrial.

El mapa temático permitió reconocer con mayor claridad la estructura conceptual del área. Los temas básicos son los fundamentos metodológicos sobre optimización de procesos, uso racional de insumos y evaluación del desempeño. Las temáticas impulsoras reflejan la tendencia actual hacia modelos de optimización multifactorial, la sostenibilidad y sistemas agroindustriales complejos. Mientras tanto, los temas emergentes y especializados ofrecen oportunidades de desarrollo en procesos biotecnológicos, bioenergéticos, simulaciones numéricas y métodos híbridos de optimización. Los temas con pérdida de visibilidad, en cambio, indican una transición de los enfoques simplificados hacia los modelos más integrales, capaces de dar respuesta a la complejidad de los sistemas productivos contemporáneos.

Este trabajo aporta una visión sistemática de la evolución científica del modelamiento y la optimización agroindustrial mediante cálculo diferencial. Este enfoque permite ordenar un campo caracterizado por la dispersión temática y metodológica y, al mismo tiempo, identificar líneas prioritarias para futuras investigaciones. En este sentido, el estudio ayuda a orientar el desarrollo de modelos agroindustriales más eficientes, pertinentes y sostenibles ante los retos actuales del sector.

Como líneas de investigación futura, se recomienda profundizar en la integración del cálculo diferencial con herramientas computacionales avanzadas, modelos predictivos, simulaciones numéricas y enfoques de optimización bajo incertidumbre. Resulta también necesario extender los estudios a procesos agroindustriales de mayor valor agregado, sistemas productivos resilientes y análisis bibliométricos longitudinales que permitan monitorear la evolución dinámica del campo en los próximos años.

### **Limitaciones del estudio**

El presente estudio tiene algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados. En primer lugar, la construcción del corpus documental se limitó exclusivamente a las bases de datos Scopus y Web of Science, lo que pudo excluir a documentos relevantes indexados en otras



fuentes académicas, repositorios especializados o bases regionales. No obstante, estas bases fueron seleccionadas por su cobertura internacional, criterios de indexación y relevancia para estudios bibliométricos.

En segundo lugar, las ecuaciones de búsqueda se formularon en inglés para recuperar la literatura científica internacional; sin embargo, esta decisión pudo limitar la inclusión de estudios publicados únicamente en otros idiomas o con descriptores diferentes. El análisis se realizó a partir de los metadatos disponibles en los registros recuperados, por lo que la calidad de los resultados depende de la exactitud de la información indexada en cada base de datos.

Finalmente, el mapa temático es una representación estructurada de la dinámica conceptual del campo, aunque sus resultados dependen de los términos incluidos en los registros bibliográficos, los criterios de depuración utilizados y los parámetros empleados en el procesamiento bibliométrico. Por tanto, el estudio podría ampliarse en investigaciones futuras mediante el uso de otras bases de datos, ventanas temporales distintas, técnicas complementarias de minería de texto o comparaciones longitudinales que permitan examinar con mayor detalle la evolución del campo.

### Referencias bibliográficas

- Ayad, R., Ayad, R., Bourekoua, H., Lefahal, M., Makhloufi, E. H., Akkal, S., Medjroubi, K., & Nieto Martínez, G. (2022). Process optimization of phytoantioxidant and photoprotective compounds from carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) using ultrasonic assisted extraction method. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules27248802>
- Baseri, S. (2023). Agricultural crop of *Scrophularia striata* as a new dye for eco-friendly dyeing and bioactive finishing of handwoven piles. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101088>
- Brimo-Alevra, E., Koutli, M., Marielou, E., Chatzimitakos, T., & Makris, D. P. (2025). Hydrothermal and organosolv treatments for hydroxycinnamate release from corn stover: Strong versus mild alkaline catalysis. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules30214297>
- Cattaneo, T. M. P., & Marinoni, L. (2024). Monitoring vegetable dehydration process by aquaphotomics from lab scale to farm. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124299>
- Chandarana, H., Suganya, S., Senthil Kumar, P. S., & Anil Kumar, M. A. (2021). Evaluation of phase transfer kinetics and thermodynamic equilibria of Reactive Orange 16 sorption onto chemically



- improved Arachis hypogaea pod powder. *Chemosphere*.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130136>
- de Lima Santos, A. A., Teixeira, M. E., Silveira, P. G., & Corrêa, J. L. G. (2025). Convective drying of papaya seeds: Impact of ethanol pretreatment. *Journal of Food Science*.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.70721>
- Dossa, S., Rinovetz, A., Neagu, C., Stoin, D., Lalescu, D., Jianu, C., Radulov, I., Serpe, L., Brinzeu, A., & Alexa, E. (2026). Impact of sunflower (*Helianthus annuus*) seed meal use on the nutritional, phytochemical, rheological, physicochemical, and sensory quality of wheat bread. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app16010461>
- Durgawati, Balasubramanian, P., & Sutar, P. P. (2025). Effect of fermentation on non-water infrared refractance window drying of Malabar spinach. *Food Chemistry*.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146586>
- Eddaoukhi, A., Berradi, M., Elrhayam, Y., Rissouli, L., Grou, M., El Yacoubi, A., Bouraada, K., Hassani Zerrouk, M. H., El-Bachiri, A., & Nassali, H. (2024). Characterizing and optimizing adsorption for olive mill wastewater processing in Loukkos, Morocco. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12179-5>
- Evelyn, Yusnimar, Fermi, M., Saputra, E., Utami, S. P., Komalasari, Rahmi, S. W., & Ohi, H. (2024). Cellulose and lignin purified from Metroxylon sagu palm fronds by a new technology with 2-methylantraquinone cooking and peroxy monosulfuric acid bleaching. *Journal of Wood Science*.  
<https://doi.org/10.1186/s10086-024-02130-8>
- Faggiano, A., Cicatelli, A., Guarino, F., Castiglione, S., Proto, A., Fiorentino, A., & Motta, O. (2025). Optimizing CO<sub>2</sub> capture: Effects of chemical functionalization on woodchip biochar adsorption performance. *Journal of Environmental Management*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125059>
- Gao, H., Chen, N., An, N., Zhan, Y., Feng, C., & Hu, W. (2025). Enhanced heterotrophic denitrification in groundwater using pretreated *Ginkgo biloba* leaves: Optimized carbon utilization and metabolic function diversity. *Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121044>
- Homan, T., Bryant, L., Howden, N. J. K., Barden, R., Kasprzyk-Hordern, B., & Hofman, J. (2025). Optimising multi-site sensor networks in lowland permeable catchments for comprehensive water quality monitoring and nitrogen mass balancing during baseflow conditions. *Water Research*.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123874>
- Hülsemann, B., Lenz, L., Hagemann, M. H., & Born, U. (2025). Ensiling of hop chaff for biogas and fibre production using molasses, nitrate, and lactic acid bacteria as ensiling agents. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132867>
- Katyal, M., Singh, R., Mahajan, R., Sharma, A., Gupta, R., Aggarwal, N. K., & Yadav, A. (2025). Valorization of papaya fruit peel waste for the production of nanocellulose by *Novacetimonas hansenii* BMK-3. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. <https://doi.org/10.1002/bab.2706>
- Khalid, W., Benmebarek, I. E., Zargarchi, S., Kumar, P., Javed, M., Moreno, A., Sharma, A., Nayik, G. A., & Esatbeyoglu, T. (2025). Optimization of the effect of cold plasma treatment on UAE-NADES



- green extraction of chickpea roots (*Cicer arietinum*) bioactive compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107276>
- Khan, Z. U., & Rahman, M. ur. (2026). Dynamical analysis of a fractional maize streak disease model with enhanced predictive capabilities. *Computational Biology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2025.108758>
- La Rubia, M. D., Jurado-Contreras, S., Navas-Martos, F. J., García-Ruiz, Á., Morillas-Gutiérrez, F., Moya, A. J., Mateo, S., & Rodríguez-Liébaná, J. A. (2024). Characterization of cellulosic pulps isolated from two widespread agricultural wastes: Cotton and sunflower stalks. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym16111594>
- Liu, Y., Wang, S., Yu, X., Wang, L., Meng, Q., Wu, J., Tan, G., Zhang, S., & Chen, M. (2025). Optimization of ultrasonic-assisted extraction for enhancing the cosmetic potential and structural characterization of polysaccharide-rich extract from waste stem of *Trollius chinensis* Bunge. *Ultrasonics Sonochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107441>
- Lou, M., Zhu, Y., Li, J., Wu, H., Zhao, C., Shen, Z., Wang, Q., Song, B., & Song, R. (2025). A natural coniferylaldehyde-derived inhibitor of phytoviral intercellular traffic via targeting capsid protein residue THR155. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 73(24), 14950–14960. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c03116>
- Mohery, M., Mindil, A., Mahran, G., & Alsubaie, A. (2025). Eco-friendly copper adsorption by a novel bis-aminophosphonate: Design, synthesis, equilibrium, and bioactive applications. *Water, Air, and Soil Pollution*. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08125-5>
- Morales Urrea, D., Contreras, E. M., & López-Córdoba, A. (2024). Assessment of potato surpluses as eco-friendly adsorbent for removal of Orange II: Optimization and kinetic modelling at different pH values. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70690-2>
- Naidu, T., Sanusi, I. A., Nouadjep, N. S., Sewsynker-Sukai, Y., Mambili-Mamboundou, H., Beukes, L. S., & Gueguim Kana, E. B. (2025). Enhanced lactic acid production from potato peel waste via MnO<sub>2</sub> nanoparticle-assisted simultaneous saccharification and fermentation: Process optimization and kinetic studies. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132884>
- Pariani, L. C., Castiglione, F., Griffini, G., Rossato, L. A. M., Ruffini, E., Strini, A., Tessaro, D., Turri, S., Serra, S., & D'Arrigo, P. (2025). Synergistic DES-microwave fractionation of agri-food biomasses in a zero-waste perspective. *Molecules*, 30(17), 3588. <https://doi.org/10.3390/molecules30173588>
- Pinheiro, L. G. S. D., de Matos, A. C., de Matuoka E Chiochetti, G. D. M. E., Efrain, P., Macedo, G. A., & Alves Macedo, J. A. (2026). Peanut skin bioactive extract on pectin and gelatin candies: Is it a potential dietary antioxidant delivery system for health improvement? *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.70230>
- Pinichka, C., Chotpantarat, S., Cho, K. H., & Siriwong, W. (2025). Comparative analysis of SWAT and SWAT coupled with XGBoost model using Optuna hyperparameter optimization for nutrient simulation: A case study in the Upper Nan River Basin, Thailand. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126053>
- Prakash, B. R., Arulmari, R., Sudagar, I. P., Gurusamy, K., Surya Priyadarshini, R., Kavitha Shree, G. G., Rajkumar, P., Preetha, P., & Pandiselvam, R. (2025). Optimization of ultrasonic-assisted



- extraction of glucomoringin from *Moringa oleifera* seeds: Process parameters, phytochemical characterization, and antioxidant activity. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19, 9163–9177. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03578-y>
- Rajeshwari, S., Chowdary, S. K., Dileep, A., Joghee, S., Alves, E., Bannimath, B., Mohan, N., Kumar, P. B. R., & Madhunapantula, S. V. (2025). Comprehensive exploration of ferulic acid from corn leaves: Extraction, structural characterization, HPLC quantification, and anti-inflammatory evaluation through in silico docking, molecular dynamics simulation, and in vitro studies. *Tropical Journal of Natural Product Research*. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v9i3.61>
- Safdari, H., & Hamidi-Esfahani, Z. (2025). Effect of potato pulp as a natural antioxidant on fat oxidation of fish waste during solid-state fermentation. *Applied Food Research*. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101065>
- Saleem, A., Munawar, A., & Kauser, S. (2025). Removal of Naphthol Green B and Indigo Carmine from wastewater by wheat bran and urea-modified rice husk. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13719-x>
- Serbent, M. P. (2025). Immobilization of fungal laccase on peanut shell carriers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103581>
- Sham, Y. T., Pan, M., Luo, L., Ho, K. C. K., Yu, J. Y. N., & Xu, S. J. (2026). Dual mechanisms of nanobubble technology for plant growth enhancement and soil remediation amid challenges. *Water, Air, and Soil Pollution*. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08803-4>
- Sousa, A. S., Sousa, S., Silva, I. V., Reis, C. A., Coscueta, E. R., & Pintado, M. M. (2025). Microwave hydrodiffusion and gravity: A green extraction technology for phenylethyl isothiocyanate from watercress by-products. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144551>
- Struszczyk-Świta, K., Drożdżyński, P., Marcinkowski, P., Nadziejko, A., Rodziewicz, M., Januszewicz, B., Gierszewska, M., & Marchut-Mikołajczyk, O. (2025). Feather waste biodegradation and biostimulant potential of *Gordonia alkanivorans* S7: A novel keratinolytic actinobacterium for sustainable waste valorization. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms26136494>
- Sun, J., Chen, G., Huang, J., Wang, J., Huang, X., Yang, L., & Zhang, X. (2025). Ultrasound-enhanced bio-based active packaging films derived from passion fruit waste pectin: Structural evolution, property correlations, and antioxidant activity through eggshell and oleuropein integration. *Ultrasonics Sonochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107596>
- Szczepanska, E., Pietrzak, W., & Boratyński, F. (2025). High-yield vanillin production through RSM-optimized solid-state fermentation process from brewer's spent grains in a single-use bag bioreactor. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules30173452>
- Tamborrino, A., Veneziani, G., Leone, A., Berardi, A., Esposto, S., & Servili, M. (2025). Ultrasound systems integrated into industrial continuous-flow extraction process: Cultivar-based assessment for improved yield and quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107451>



- Tong, X., Shen, X.-Y., Huang, M.-R., & Hou, C.-L. (2025). Enhancement of perylenequinonoid compounds production from strain of *Pseudoshiraia conidialis* by UV-induced mutagenesis. *Microorganisms*. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13091999>
- Wang, S., Guo, X., Gao, J., Yu, X., Chen, Z., Toor, G. S., & Zhou, J. (2026). Optimizing nitrogen-water use efficiency for nitrate reduction: Spatiotemporal strategies and potential of climate-smart kiwifruit agriculture across SSP scenarios. *Water Research*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.125073>
- Wang, W., Shi, H., Shi, H., Fedorova, T. V., Glazunova, O. A., Mao, L., Zhang, L., Zhu, L., Wu, C., & Liu, X. (2025). Highly porous biochar engineered from agricultural waste for efficient removal of sulfonylurea herbicides in aqueous systems. *Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122523>
- Xue, Z., Zhang, Y., Zhang, J., Chen, F., Huan, K., & Zhao, B. (2025). Detection of amylose in fresh corn ears based on near-infrared spectroscopy. *Smart Agriculture*. <https://doi.org/10.12133/j.smartag.sa202505030>
- Zhang, Y. S., Lv, T., Jiang, Q., Zeng, X., Li, F., & Xu, D. (2025). Screening of a gossypol-removing yeast strain and characterization of its removal mechanism. *Microorganisms*, 13(10), 2251. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13102251>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.