



## INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍAS

# Aproximaciones bibliométricas del uso del internet de las cosas (IOT) en las cadenas de suministros del sector agroindustrial

Bibliometric approaches to the use of the Internet of Things (IOT) in the supply chains of the agro-industrial sector

**Lorena Hoyos Babilonia** 

Universidad de Sucre,  
Colombia

**William Niebles Nuñez** 

Universidad de Sucre,  
Colombia

**Javier Alfonso Ramirez** 

Corporación Universitaria  
Latinoamericana, Colombia

OPEN  ACCESS

Recibido: 09/02/2024

Aceptado: 08/04/2024

Publicado: 11/06/2024

Correspondencia de  
autores: william.  
niebles@unisucra.  
edu.co



Copyright 2024  
by Investigación  
e Innovación en  
Ingenierías

### Resumen

**Objetivo:** Desarrollar un análisis bibliométrico de la producción académica relacionada con el uso del internet de las cosas dentro de las cadenas de suministro del sector agroindustrial. **Metodología o método:** Se plantea un proceso de investigación documental basado en herramientas bibliométricas. La investigación se delimita en el período comprendido entre los años 2014 y 2023, ejecutando la ecuación de búsqueda siguiente: ( TITLE-ABS-KEY ( "supply chain" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "logistic" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "agribusiness" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "agriculture" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "iot" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Internet of things" ) ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2024. **Resultados:** Los años con mayor producción fueron 2021 (104), 2022 (140) y 2023 (116), mientras que los países que más han aportado a la temática son India y China, que en conjunto contribuyeron con el 67,77% de todas las publicaciones. Las 12 principales fuentes que publicaron sobre el tema concentran el 17,23% de las publicaciones. Los tres artículos más citados fueron WOLFERT S, 2017, AGRIC SYST; TSOUNIS A, 2017, BIOSYST ENG; y CARO MP, 2018, IOT VERT TOP SUMMIT AGRIC - TOSCANA, IOT TOSCANA, con un total de 2541 citas. Se encontraron 1678 autores que aportan un solo artículo, equivalente al 92,5%, y sólo 4 autores produjeron el máximo encontrado de 6 publicaciones. **Conclusiones:** La integración de tecnologías de IoT dentro de la cadena de suministro agroindustrial evidencia una relevancia creciente para la comunidad científica global. Este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones que aporten soluciones y nuevas ideas relacionadas con la temática tratada.

**Palabras clave:** IoT, Internet de las cosas, Cadena de suministro, Logística, Agronegocios, Agricultura.

### Abstract

**Objective:** Develop a bibliometric analysis of academic production related to the use of Internet of Things within the supply chains of the agroindustrial sector. **Methodology or method:** A documentary research process based on bibliometric tools is proposed. The research is limited to the period between 2014 and 2023, executing the following search equation: ( TITLE-ABS-KEY ( "supply chain" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "logistic" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "agribusiness" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "agriculture" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "iot" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "Internet of things" ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2024. **Results:** The years with the highest production were 2021 (104), 2022 (140) and 2023 (116), while the countries that have contributed the most to the topic are India and China, which together contributed 67.77% of all publications. The 12 main sources that published on the topic account for 17.23% of the publications. The three most cited articles were WOLFERT S, 2017, AGRIC SYST; TSOUNIS A, 2017, BIOSYST ENG; and CARO MP, 2018, IOT VERT TOP SUMMIT AGRIC - TOSCANA, IOT TOSCANA, with a total of 2541 citations. 1678 authors were found who contribute a single article, equivalent to 92.5%, and only 4 authors produced the maximum found of 6 publications. **Conclusions:** The integration of IoT technologies within the agroindustrial supply chain shows growing relevance for the global scientific community. This work lays the foundations for future research that provides solutions and new ideas related to the topic discussed.

**Keywords:** IoT, Internet of things, Supply chain, Logistic, Agribusiness, Agriculture.

**Como citar (IEEE):** L. Hoyos Babilonia, W. Niebles Nuñez, J. Alfonso Ramirez, "Aproximaciones bibliométricas del uso del internet de las cosas (IOT) en las cadenas de suministros del sector agroindustrial" Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 12, no. 1, pp. 118-117, 2024, doi: <https://doi.org/10.17081/invinno.12.1.7135>

## Introducción

En el panorama en constante evolución de los agronegocios y la agricultura, la integración de tecnologías de vanguardia se ha convertido en una fuerza fundamental, que remodela los paradigmas tradicionales y fomenta avances sin precedentes [1]. Entre estos catalizadores tecnológicos, el Internet de las cosas (IoT) se ha convertido en un gigante transformador, particularmente en la intrincada red de cadenas de suministro dentro del sector agroindustrial [2]. Este artículo se embarca en una exploración integral, empleando enfoques bibliométricos para analizar las intersecciones multifacéticas entre IoT y la cadena de suministro agroindustrial.

El sector agroindustrial, un eje de las economías globales, está atravesando una metamorfosis notable catalizada por la infusión de tecnologías de IoT [3]. La esencia misma de IoT radica en su capacidad para conectar dispositivos sin problemas, recopilar datos en tiempo real y facilitar procesos inteligentes de toma de decisiones [4]. En el ámbito de los agronegocios, esto se traduce en un ecosistema dinámico e interconectado donde cada faceta de la cadena de suministro, desde la granja hasta la mesa, está imbuida de una mayor eficiencia, transparencia y sostenibilidad [5]. El principal punto focal de esta exploración gira en torno a la intrincada red de la cadena de suministro agroindustrial y cómo IoT actúa como una fuerza transformadora dentro de esta red dinámica.

En la presente investigación, se profundiza en los indicadores que iluminan el alcance de la integración de IoT, el impacto resultante en los marcos logísticos y las implicaciones más amplias para la agroindustria a escala global. Para descifrar el complejo panorama donde convergen la IoT y las cadenas de suministro agroindustriales, se ha recurrido al análisis bibliométrico. Al emplear análisis cuantitativos, el objetivo es revelar tendencias, patrones y la estructura intelectual de la literatura existente en este dominio [6]. Los enfoques bibliométricos proporcionan un marco estructurado para evaluar el volumen de la producción de investigación, los contribuyentes clave y la evolución del pensamiento a lo largo del tiempo, ofreciendo información valiosa sobre el discurso predominante [7].

En virtud de esto, se coloca bajo escrutinio el uso generalizado de IoT en la cadena de suministro agroindustrial. Más allá del ámbito de la tecnología, esta exploración bibliométrica se extiende para evaluar la situación global de la agroindustria. Al examinar los trabajos académicos, se pretende resumir las dimensiones económicas, sociales y ambientales de los agronegocios a escala global [8]. Este segmento de la exploración busca descubrir patrones en la producción de investigación que reflejen los paradigmas cambiantes y los desafíos que enfrenta el sector agroindustrial en todo el mundo. Las características y adaptaciones de las empresas agrícolas dentro de la cadena de suministro impulsada por IoT constituyen otra dimensión de esta temática [9].

Recorriendo los anales de la literatura académica, se destilan ideas clave sobre cómo las empresas agrícolas están navegando en el panorama de IoT. Al identificar temas prevalentes y desafíos recurrentes, el objetivo de este trabajo es contribuir a una comprensión matizada del viaje transformador emprendido por estas empresas. A medida que se navega por el terreno tecnológico esculpido por la IoT en las cadenas de suministro de los agronegocios, se enfrentan una serie de desafíos y oportunidades [10]. Desde las preocupaciones por la seguridad de los datos hasta el potencial de ganancias de eficiencia sin precedentes, se vuelve necesario arrojar luz sobre los contornos de este panorama transformador [11]. Es vital, entonces, ofrecer una hoja de ruta para investigadores, profesionales y formuladores de políticas que se enfrentan a las complejidades de la integración de IoT en el sector agroindustrial.

Finalmente, volviendo la mirada hacia las trayectorias futuras de IoT en la cadena de suministro agroindustrial, surgen diversas interrogantes, como por ejemplo: ¿Cuáles son las vías de investigación previstas? ¿Qué lagunas existen en el discurso actual? Al sintetizar el conocimiento existente, se hace un esfuerzo por trazar un rumbo a seguir, delineando las posibles direcciones

de investigación que prometen desbloquear nuevas fronteras en esta intersección dinámica de tecnología y agronegocios. A medida que se desentrañan las complejidades de esta simbiosis tecnológica, se aspira no solo a proporcionar una vista panorámica del panorama actual, sino también a catalizar debates y exploraciones que darán forma a la trayectoria futura de la agroindustria en una era impulsada por el IoT [12].

Dados los desafíos delineados en los párrafos anteriores, surge la necesidad apremiante de realizar esta investigación, que comprende una revisión y análisis bibliométrico exhaustivo. El estudio se centra claramente en la exploración y examen de la producción científica en diversos formatos, abarcando artículos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras formas [13]. La atención se centra específicamente en la utilización del Internet de las cosas (IoT) dentro de las cadenas de suministro del sector agroindustrial, abarcando tanto el ámbito empresarial como el sector productivo [14]. El objetivo principal es delinear las tendencias predominantes y el panorama del conocimiento que gira en torno a este tema en particular.

A través de análisis bibliométricos, esta investigación analiza el cuerpo de literatura existente para discernir el alcance, las aplicaciones y las tendencias emergentes en la implementación de tecnologías de IoT [15]. Desde la agricultura de precisión hasta la logística inteligente, el objetivo es ofrecer una imagen integral de cómo IoT está aumentando la eficiencia y la resiliencia de los procesos de la cadena de suministro [16]. Los investigadores que encabezan esta iniciativa creen firmemente que la exploración analítica emprendida en este estudio contribuirá sustancialmente a la generación de nuevos conocimientos, tecnologías y metodologías para la aplicación de IoT en el contexto dilucidado en los párrafos anteriores. Este esfuerzo aspira a proporcionar un diagnóstico global integral del estado del conocimiento sobre la utilización del Internet de las Cosas (IoT) en las cadenas de suministro del sector agroindustrial.

## Metodología

Para el desarrollo del presente estudio se plantea un proceso de investigación documental basado en herramientas bibliométricas que permiten comprender de forma holística los elementos más destacados de la producción académica relacionada con el uso de la tecnología del internet de las cosas dentro de las cadenas de suministro del sector agroindustrial [17, 18]. Dichas técnicas bibliométricas se fundamentan en la búsqueda, a través de una ecuación de búsqueda de términos especializados, de los aportes científicos más destacados y relevantes dentro de una o varias bases de datos.

Es así, como se plantea la siguiente identificación de las palabras clave a partir de las variables de estudio:

**Tabla 1. Estandarización de palabras claves**

<b>Elemento de estudio</b>	<b>Descriptor</b>
IOT	- lot - Internet of things
Cadena de suministro	- Supply chain - Logistic
Sector agroindustrial	- Agribusiness - Agriculture

Fuente: elaboración propia (2024)

A partir de dichas variables y descriptores, se plantea una búsqueda en la base de datos de Scopus; la cual es seleccionada por alta cobertura de áreas del saber y su respaldo en la indexación de fuentes de alto impacto. La ecuación de búsqueda resultante es la siguiente, tomando en consideración el periodo de observación del 2014 hasta 2024: ( TITLE-ABS-KEY ( “supply chain” ) OR TITLE-ABS-KEY ( “logistic” ) AND TITLE-ABS-KEY ( “agribusiness” ) OR TITLE-ABS-KEY ( “agriculture” ) AND TITLE-ABS-KEY ( “iot” ) OR TITLE-ABS-KEY ( “Internet of things” ) ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2024

De esta forma, con los hallazgos obtenidos se procede a realizar un procesamiento de la información aplicando herramientas validadas para estudios de índole bibliométrico, como paquete bibliometrix del software R para el análisis general de los datos y aplicación de leyes bibliométricas; además del software Vos Viewer para el mapeo de las redes existentes entre los documentos estudiados desde diversos indicadores.

Los resultados obtenidos a partir de la ecuación de búsqueda se refinaron al aplicar, como criterio de inclusión, que solo se incluyeran los documentos publicados de 2014 a 2023, se obtuvieron 563 documentos. Para el análisis de los datos se utilizaron el programa Excel, el módulo Bibliometrix del software R y el software VOSviewer. Los resultados se exportaron de WOS en formato bibtex. La información general sobre los artículos publicados se presenta en la tabla 2; a partir de ella se generaron diferentes indicadores para analizar el número de artículos publicados, los autores con más publicaciones, la dinámica de las fuentes, las instituciones y los países con más publicaciones en el área.

**Tabla 2. Información principal de los datos obtenidos de WOS**

Description	Results
<b>MAIN INFORMATION ABOUT DATA</b>	
Timespan	2014:2023
Sources (Journals, Books, etc)	392
Documents	563
Annual Growth Rate %	23
Document Average Age	3,41
Average citations per doc	23,62
References	23770
<b>DOCUMENT CONTENTS</b>	
Keywords Plus (ID)	3006
Author's Keywords (DE)	1428
<b>AUTHORS</b>	
Authors	1814
Authors of single-authored docs	39
<b>AUTHORS COLLABORATION</b>	
Single-authored docs	40
Co-Authors per Doc	3,56
International co-authorships %	23,8

DOCUMENT TYPES	
article	198
book	10
book chapter	63
conference paper	211
conference review	20
editorial	1
erratum	1
retracted	3
review	56

Fuente: autor empleando el software R con base en información de WOS (2024)

La tabla 2 muestra la información principal de los artículos consultados en un intervalo de tiempo de 2014 al 2024; en total se analizaron 563 artículos, con un promedio de citas por documento de 23,62 y un total de 1814 autores y 392 revistas.

## Resultados

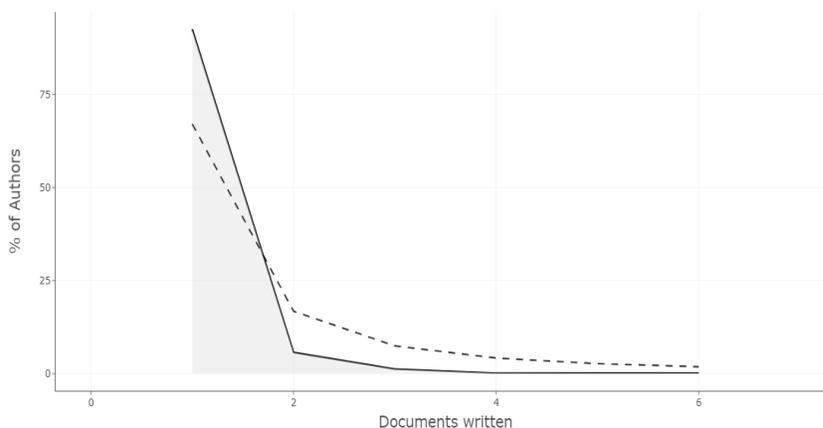
Inicialmente se realizó un análisis de la productividad bibliométrica, después se analizaron diferentes indicadores bibliométricos y finalmente se realizó el análisis de relaciones y coocurrencias.

### Leyes de productividad bibliométrica

La ley de Lotka muestra la relación cuantitativa de la contribución de los autores que realizan estudios en un campo específico a la literatura y es un indicador de la productividad científica, el número de autores que han realizado  $n$  contribuciones fue aproximadamente  $1/n^2$  veces el número de autores que han realizado una única contribución [19]. Es decir el número de autores especializados en un tema específico de investigación es limitado.

En la figura 2, se observa la ley de Lotka, el mayor número de autores (1678) que equivalen al 92,5% son los que menos aportes han realizado al campo de estudio con un solo artículo y solo el 0,2% (4 autores) han llegado a realizar 6 publicaciones. En base a lo anterior, se infiere que la inmensa mayoría de las publicaciones son hechas por investigadores que realizan una investigación transitoria en el tema de estudio.

Figura 1. Ley de Lotka



Fuente: autor con base en información de WOS (2024)

Por otro lado, de acuerdo con la ley de Bradford representa la productividad de las revistas; de acuerdo con esta, las revistas de un campo específico se clasifican en función del número de publicaciones que contienen [20]. Las revistas se dividen en tres zonas de productividad con un número creciente de revistas y un número similar de artículos, se utilizó la ley de Bradford para calcular el peso objetivo de cada revista [21].

La Tabla 3, muestra que el 33,04% de los artículos publicados se concentran en las 42 primeras revistas y que estas pertenecen a la zona 1 de la ley de Bradford, donde se concentra un número relativamente pequeño de revistas que son las más productivas [21].

De estas se puede destacar las 12 primeras revistas como se ve en la figura 2, que corresponden al 52,15% del total de publicaciones de las revistas que conforman la zona 1 de Bradford: Sensors, Advances in Intelligent Systems and Computing, Lecture Notes in Networks and Systems, IEEE Access, Sensors (Switzerland), Communications in Computer and Information Science, Computers, Materials and Continua, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Sustainability (Switzerland), EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, International Journal of Advanced Computer Science and Applications y Lecture Notes in Electrical Engineering. Entre todas ellas, suman el 17,23% de las publicaciones encontradas.

Tabla 3. Ley de Bradford

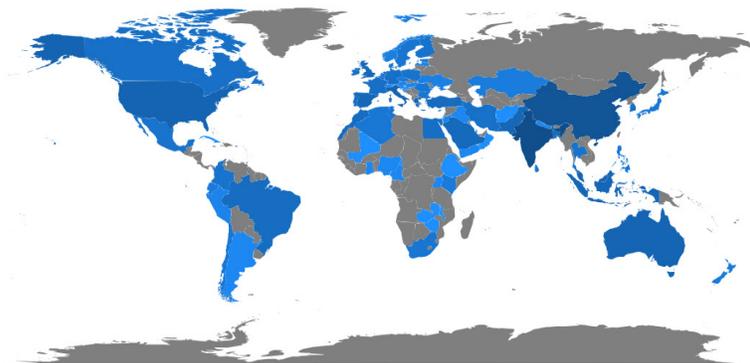
	Fuentes	Cantidad de documentos publicados	Porcentaje de documentos publicados
<b>Zona 1</b>	42	186	33,04%
<b>Zona 2</b>	165	192	34,10%
<b>Zona 3</b>	185	185	32,86%

Fuente: autor con base en información de WOS (2024)



ha realizado. Se pueden destacar India (586) y China (295). Entre estos dos países aportan 67,77% de todas las publicaciones en el campo de estudio, seguidos por Italia (67), USA (65), Australia (59), Malasia (52), Indonesia (47), Grecia (46), Pakistán (42) y España (41).

**Figura 4. Producción científica por país**



Fuente: autor con base en información de WOS (2024)

A continuación, la tabla 4 muestra las 22 publicaciones que tienen más citaciones. De estas, las tres más representativas son: WOLFERT S, 2017, AGRIC SYST; TSOUNIS A, 2017, BIOSYST ENG; y CARO MP, 2018, IOT VERT TOP SUMMIT AGRIC - TUSCANY, IOT TUSCANY.

**Tabla 4. Artículos más citados**

Paper	DOI	Total Citations	TC per Year	Normalized TC
22	10.1016/j.agtsy.2017.01.023	1475	184.38	16.14
23	10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007	537	67.13	5.88
24	10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021	529	75.57	9.52
25	10.1016/j.ijpe.2019.05.022	457	91.40	10.22
26	10.1016/j.ymssp.2019.106382	413	82.60	9.24
27	10.1016/j.compind.2020.103187	357	71.40	7.99
28	10.1109/TII.2020.3003910	283	70.75	12.38
29	10.1016/j.scs.2020.102301	270	54.00	6.04
30	10.1109/JAS.2021.1003925	243	60.75	10.63
31	10.1109/MCOM.2017.1600528	230	28.75	2.52
32	10.1016/j.jclepro.2020.124731	228	57.00	9.97
33	10.1007/s10796-012-9374-9	219	21.90	6.53

34	10.1109/WF-IoT.2016.7845467	214	23.78	4.56
35	10.1002/jsfa.9912	212	35.33	7.62
36	10.1109/JIOT.2020.2998584	209	69.67	20.65
37	10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013	204	40.80	4.56
38	10.1016/j.cose.2019.101653	179	35.80	4.00
39	10.1016/j.compag.2020.105476	173	34.60	3.87
40	10.3390/s20102990	139	27.80	3.11
41	10.3390/s18061731	137	19.57	2.46
42	10.1109/MCOM.2019.1800332	131	21.83	4.71
43	10.1108/BFJ-09-2020-0832	122	30.50	5.34
44	10.1007/978-3-030-00940-3_4	110	15.71	1.98
45	10.1109/IEMCON.2018.8615007	104	14.86	1.87
46	10.1016/j.jii.2016.06.001	104	11.56	2.22

Fuente: autor empleando el software R con base en información de WOS (2024)

Por otra parte, la tabla 5 describe la distribución de las revistas y series de libros que constituyen las principales fuentes recogidas, brindando información sobre el número y cuartiles de los artículos de dichas fuentes que contribuyen significativamente a la literatura sobre IoT en la cadena de suministro agroindustrial.

**Tabla 5. Distribución de las fuentes más relevantes.**

Sources	Articles	Cuartil	Editorial	Tipología
SENSORS	14	Q1, Q2	MDPI	Journal
ADVANCES IN INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTING	13	Descontinuada	Springer Science and Business Media Deutschland GmbH	Book Series
LECTURE NOTES IN NETWORKS AND SYSTEMS	12	Q4	Springer International Publishing AG	Book Series
IEEE ACCESS	10	Q1	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	Journal
COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE	7	Q4	Springer Science and Business Media Deutschland GmbH	Book Series
COMPUTERS, MATERIALS AND CONTINUA	6	Q2, Q3	Tech Science Press	Journal
IFIP ADVANCES IN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY	6	Q3	Springer New York	Book Series

SUSTAINABILITY (SWITZERLAND) EAI/SPRINGER	6	Q2, Q3	Springer Nature Switzerland AG	Journal
INNOVATIONS IN COMMUNICATION AND COMPUTING	5	Q4	Springer Nature Switzerland AG	Book Series
INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED COMPUTER SCIENCE AND APPLICATIONS	5	Q3	Science and Information Organization	Journal
LECTURE NOTES IN ELECTRICAL ENGINEERING	5	Q4	Springer Verlag	Book Series

Fuente: autor empleando el software R con base en información de WOS (2024)

Analizando brevemente el contenido de la tabla 5, se tiene que un total de 41 artículos fueron encontrados en revistas y un total de 48 fueron encontrados en series de libros, esto es, entre las fuentes más relevantes se han encontrado un 46,07% de artículos de revistas y un 53,93% de artículos de series de libros. A su vez, los hallazgos se dividen en un total de 24 artículos entre los cuartiles 1 y 2, un total de 23 artículos entre los cuartiles 2 y 3, un total de 29 artículos en el cuartil 4 y finalmente, un total de 13 artículos de fuentes discontinuadas. En términos porcentuales, se ha obtenido un 26,97% de artículos de fuentes clasificadas entre los cuartiles 1 y 2, un 25,84% de artículos de fuentes clasificadas entre los cuartiles 2 y 3, un 32,58% de artículos de fuentes clasificadas en el cuartil 4 y por último, un 14,61% de artículos de fuentes discontinuadas.

Posteriormente, fue obtenida la información relativa al aporte cuantitativo de los autores más relevantes analizados con respecto a la literatura sobre IoT en la cadena de suministro agroindustrial. Los resultados se recogieron en la tabla 6.

**Tabla 6. Diez autores más relevantes**

<b>Authors</b>	<b>Articles</b>	<b>Articles Fractionalized</b>
GARG D	6	2,17
LIU Y	6	0,88
LUTHRA S	6	1,83
ZHENG L	6	1,15
KUMAR A	5	1,40
WANG H	5	1,07
WANG X	5	1,37
YADAV S	5	1,67
HAN W	4	1,00
LI F	4	2,53

Fuente: autor empleando el software R con base en información de WOS (2024)

De acuerdo con los resultados expresados en la tabla 6, se tiene que los diez autores más relevantes se dividen en tres grupos: dos autores que han contribuido a la literatura sobre IoT en la cadena de suministro agroindustrial con cuatro artículos, cuatro autores que han contribuido con cinco artículos y otros cuatro que han contribuido con seis publicaciones, siendo estos últimos

los autores GARG D, LIU Y, LUTHRA S y ZHENG L, los cuales han aportado entre los cuatro el 46,15% de las publicaciones de este grupo. Sin embargo, al mirar con detenimiento los datos sobre los artículos fraccionados, se obtuvo una perspectiva distinta.

La medición de artículos fraccionados parte del supuesto que cada coautor contribuyó de manera equitativa a la realización del artículo donde ha participado, es decir, que mientras más coautores tenga una misma publicación, menor es el número de artículos fraccionados que se sumará a cada uno de los coautores [47]. Por lo tanto, sentando base en la información suministrada por el análisis bibliométrico ejecutado, se concluyó que solamente dos autores han aportado de manera fraccionada una producción equivalente a más de un artículo: GARG D, con 2,17 artículos fraccionados y LI F, con 2,53 artículos fraccionados. Finalmente, se recurrió a las afiliaciones más relevantes encontradas, discriminadas por país y números de artículos publicados, tal y como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Afiliaciones más relevantes**

<b>Affiliation</b>	<b>País</b>	<b>Articles</b>
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY	India	16
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	China	15
ANHUI AGRICULTURAL UNIVERSITY	China	10
CHANDIGARH UNIVERSITY	India	10
UTTARANCHAL UNIVERSITY	India	9
FUDAN UNIVERSITY	China	8
JILIN UNIVERSITY	China	8
NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERING (NITIE)	India	8
RMIT UNIVERSITY	Australia	8
UNIVERSITY OF HOHENHEIM	Alemania	8

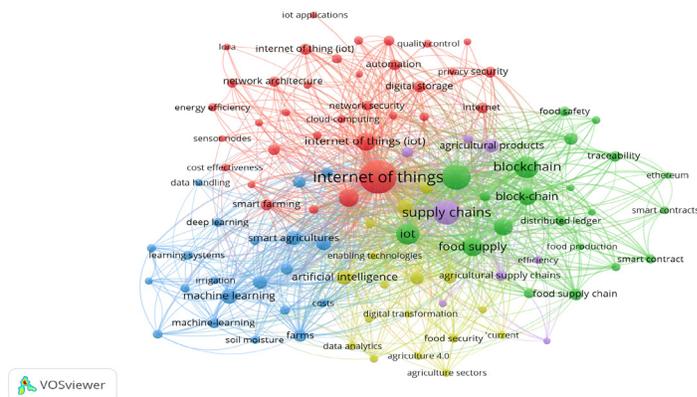
Fuente: autor empleando el software R con base en información de WOS (2024)

Tal y como se ha explicado con anterioridad, en la tabla 7 se muestran las instituciones que más documentos han publicado con respecto al IoT en la cadena de suministro agroindustrial; de estas se pueden destacar las 5 más importantes: NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (n=16), SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (n=15), ANHUI AGRICULTURAL UNIVERSITY (n=10), CHANDIGARH UNIVERSITY (n=10) y UTTARANCHAL UNIVERSITY (n=9).

## **Análisis de relaciones y Co-ocurrencias**

El análisis de relaciones y co-ocurrencias se hace utilizando el software VOSviewer, tomando como parámetro que el autor tenga mínimo dos artículos y dos citas. En primer lugar, se realizó un análisis de co-ocurrencia de palabras claves, donde se identificaron un total de 5 clústeres, destacando las palabras: internet of things, agriculture, supply chains, blockchain, food supply, iot, agricultural robots, smart agricultures y machine learning. Todo esto es mostrado al detalle en la figura 4.

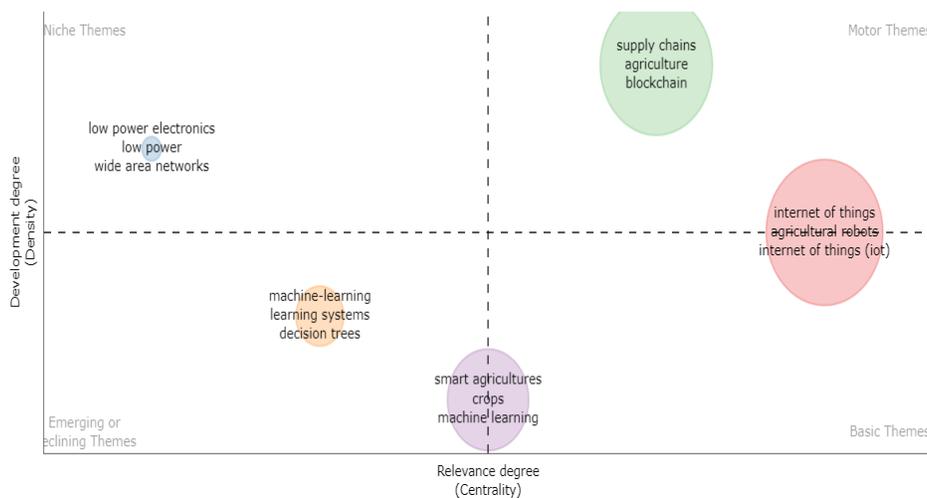
Figura 5. Coocurrencia de palabras clave



Fuente: autor con base en información de WOS (2024)

Por otra parte, los clústeres obtenidos también se han clasificado por su relevancia temática, tal y como se muestra en la figura 6. Se destaca que el clúster conformado por los términos smart agricultures, crops y machine learning tiene una relevancia intermedia y un desarrollo emergente, en tanto que el clúster conformado por internet of things, agricultural robots y internet of things (iot) tiene una relevancia muy alta con un desarrollo medio, lo que lo sitúa en el medio de los cuadrante de tema motor y tema básico. Finalmente, el clúster formado por supply chains, agriculture y blockchain se ubica en el cuadrante de temas motores, dado su altísimo desarrollo y relevancia sobresaliente.

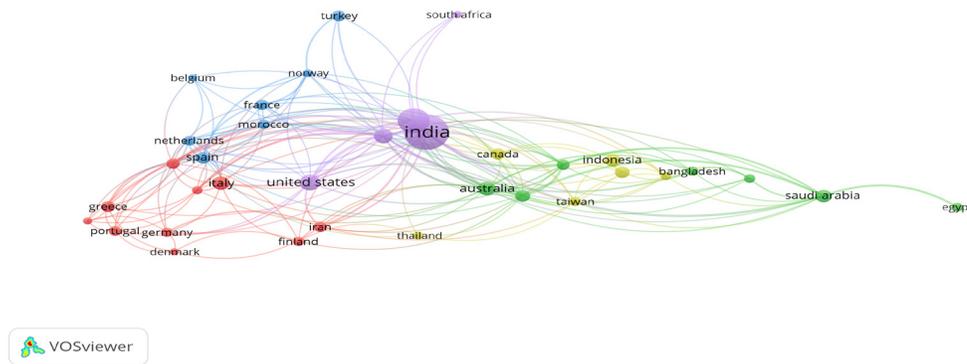
Figura 6. Relevancia de las palabras clave



Fuente: autor con base en información de WOS (2024)

Por otra parte, el análisis de coocurrencia también se ha extrapolado en cuanto a los países de los cuales se origina la literatura encontrada. Para esta investigación, los hallazgos indican que existen al menos cinco clústeres de narrativa científica interconectada entre países en cuanto al IoT en la cadena de suministro agroindustrial, destacando en cada uno de ellos India, España, Italia, Australia e Indonesia, respectivamente, tal y como lo evidencia la figura 7.

Figura 7. Coocurrencia por países



Fuente: autor con base en información de WOS (2024)

## Conclusiones

El análisis bibliométrico desarrollado se delimitó en un intervalo de tiempo de 2014 al 2024; en total se analizaron 563 artículos, con un promedio de citas por documento de 23,62 y un total de 1814 autores y 392 revistas. A partir de este análisis bibliométrico, en base a la información obtenida de WOS sobre el Internet de las Cosas en la cadena de suministro agroindustrial, se puede decir que:

Los mayores picos de publicaciones se presentan en los años 2021 (104), 2022 (140) y 2023 (116), en los que se presentó un notable crecimiento de las publicaciones relacionadas con el tema de investigación. En estos años se concentra el 63,94% de todas las publicaciones encontradas. Una revelación sorprendente de este estudio fue la profunda producción científica que emana de India y China, que en conjunto contribuyeron con el 67,77% de todas las publicaciones, lo que subraya la importancia global de la integración de IoT en las prácticas agroindustriales. También surgieron contribuciones notables de Italia, Estados Unidos, Australia y varios otros países, destacando el alcance y la colaboración internacional en este campo.

Entre la gran cantidad de revistas, unas pocas seleccionadas se destacaron como epicentros del discurso académico, incluidas Sensors, Advances in Intelligent Systems and Computing, Lecture Notes in Networks and Systems, IEEE Access, Sensors (Switzerland), Communications in Computer and Information Science, Computers, Materials and Continua, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Sustainability (Switzerland), EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, International Journal of Advanced Computer Science and Applications y Lecture Notes in Electrical Engineering, las cuales concentran el 17,23% de las publicaciones.

Entre esas doce fuentes más relevantes se han encontrado un 46,07% de artículos de revistas y un 53,93% de artículos de series de libros. De esas publicaciones, el 26,97% proviene de fuentes clasificadas entre los cuartiles 1 y 2, un 25,84% de fuentes clasificadas entre los cuartiles 2 y 3, un 32,58% de fuentes clasificadas en el cuartil 4 y por último, un 14,61% de fuentes descontinuadas. Los tres artículos más citados resultaron ser WOLFERT S, 2017, AGRIC SYST; TSOUNIS A, 2017, BIOSYST ENG; y CARO MP, 2018, IOT VERT TOP SUMMIT AGRIC - TUSCANY, IOT TUSCANY, los cuales suman entre todos 2541 citas.

La inmensa mayoría de las publicaciones son hechas por investigadores que realizan una investigación transitoria en el tema de estudio, lo cual se evidencia en que 1678 autores, que equivalen al 92,5%, han aportado un solo artículo y solo 4 autores, es decir, el 0,2%, han llegado a realizar 6 publicaciones; estos autores son GARG D, LIU Y, LUTHRA S y ZHENG L. Ahora bien, también vale comentar que, con base al número de artículos fraccionados, solo se han encontrado dos autores que han aportado de manera fraccionada una producción equivalente a más de un artículo: GARG D, con 2,17 artículos fraccionados y LI F, con 2,53 artículos fraccionados. Por último, se ha determinado que las palabras clave más relacionadas con el tema de estudio son internet of things, agriculture, supply chains, blockchain, food supply, iot, agricultural robots, smart agricultures y machine learning, lo cual resume las diversas facetas y la naturaleza interdisciplinaria de la investigación en este campo floreciente, sentando las bases para futuras investigaciones y avances tecnológicos.

Para concluir, este análisis integral revela el potencial transformador de la integración de tecnologías de IoT dentro de la cadena de suministro agroindustrial. A medida que navegamos por las complejidades de la agricultura moderna, caracterizada por la evolución de las demandas de los consumidores, los imperativos de sostenibilidad y los avances tecnológicos, los conocimientos adquiridos en este estudio sirven como un faro que ilumina el camino a seguir. Al aprovechar el poder de la IoT, las partes interesadas de todo el espectro agroindustrial pueden optimizar la utilización de recursos, mejorar la productividad y mitigar los riesgos, fomentando así un ecosistema más resiliente y eficiente. Sin embargo, en medio del entusiasmo por la innovación, es imperativo reconocer los esfuerzos colaborativos de investigadores, profesionales y formuladores de políticas para impulsar cambios significativos.

Al embarcar próximas investigaciones, debe sostenerse una gran firmeza en el compromiso de aprovechar la tecnología para el mejoramiento de la sociedad, garantizando que los frutos del trabajo aquí realizado no sólo sean sostenibles sino también equitativos [48, 49, 50]. Todo lo desarrollado en este artículo parte de la visión de un futuro en el que la fusión de la agricultura y la tecnología no sólo nutra los cuerpos sino que también en la sostenibilidad de este planeta para las generaciones futuras.

## Referencias bibliográficas

1. X. Zhao, X. Xu, L. Qi, X. Xia, M. Bilal, W. Gong, and H. Kou, "Unraveling quantum computing system architectures: An extensive survey of cutting-edge paradigms," *Information and Software Technology*, vol. 167, p. 107380, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107380>
2. S. Yadav, S. Luthra, and D. Garg, "Internet of things (IoT) based coordination system in Agri-food supply chain: development of an efficient framework using DEMATEL-ISM," *Operations management research*, vol. 15, no. 1, pp. 1-27, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12063-020-00164-x>
3. S. Yadav, D. Garg, and S. Luthra, "Analysing challenges for internet of things adoption in agriculture supply chain management," *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, vol. 36, no. 1, pp. 73-97, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJISE.2020.109121>

4. A. K. Tyagi and M. M. Nair, "Internet of Everything (IoE) and Internet of Things (IoTs): Threat Analyses, Possible Opportunities for Future," *Journal of Information Assurance & Security*, vol. 15, no. 5, 2020. URL: <https://ak-tyagi.com/static/pdf/51.pdf>
5. S. Yadav, D. Garg, and S. Luthra, "Development of IoT based data-driven agriculture supply chain performance measurement framework," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 34, no. 1, pp. 292-327, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2019-0369>
6. P. Foroudi, T. N. Akarsu, R. Marvi, and J. Balakrishnan, "Intellectual evolution of social innovation: A bibliometric analysis and avenues for future research trends," *Industrial Marketing Management*, vol. 93, pp. 446-465, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.026>
7. J. A. Ramírez-Duran, W. Niebles-Núñez, and J. García-Tirado, "Aplicaciones bibliométricas del estudio del capital intelectual dentro de las instituciones de educación superior desde un enfoque sostenible," *Saber, Ciencia y Libertad*, vol. 18, no. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2021v16n2.7747>
8. R. Brenya, I. Akomea-Frimpong, D. Ofori, and D. Adeabah, "Barriers to sustainable agribusiness: a systematic review and conceptual framework," *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, vol. 13, no. 4, pp. 570-589, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/JADEE-08-2021-0191>
9. M. McCaig, D. Rezanian, and R. Dara, "Framing the response to IoT in agriculture: A discourse analysis," *Agricultural Systems*, vol. 204, p. 103557, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103557>
10. M. Hassan, P. Rai, and S. Maharjan, "Empowering south asian agricultural communities: A comprehensive approach to IoT-driven agriculture through awareness, training, and collaboration," *Quarterly Journal of Emerging Technologies and Innovations*, vol. 8, no. 3, pp. 18-32, 2023. URL: <https://vectoral.org/index.php/QJETI/article/view/17>
11. V. K. Quy et al., "IoT-enabled smart agriculture: architecture, applications, and challenges," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 7, p. 3396, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12073396>
12. R. K. Singh, R. Berkvens and M. Weyn, "AgriFusion: An Architecture for IoT and Emerging Technologies Based on a Precision Agriculture Survey," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 136253-136283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3116814>
13. F. Randour, J. Perrez, and M. Reuchamps, "Twenty years of research on political discourse: A systematic review and directions for future research," *Discourse & Society*, vol. 31, no. 4, pp. 428-443, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0957926520903526>
14. H. Kaur, "Modelling internet of things driven sustainable food security system," *Benchmarking: An International Journal*, vol. 28, no. 5, pp. 1740-1760, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0431>
15. D. Narang, J. Madaan, F. T. Chan, and E. Chungcharoen, "Managing open loop water resource value chain through IoT focused decision and information integration (DII) modelling using fuzzy MCDM approach," *Journal of Environmental Management*, vol. 350, p. 119609, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119609>
16. M. Javaid, A. Haleem, R. P. Singh, and R. Suman, "Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies," *International Journal of Intelligent Networks*, vol. 3, pp. 150-164, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>
17. F. J. Agbo, S. S. Oyelere, J. Suhonen, and M. Tukiainen, "Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis," *Smart Learning Environments*, vol. 8, no. 1, pp. 1-25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00145-4>
18. L. M. Kipper, L. B. Furstenau, D. Hoppe, R. Frozza, and S. Iepsen, "Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011-2018): a bibliometric analysis," *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 6, pp. 1605-1627, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1671625>
19. A. J. Lotka, "The frequency distribution of scientific productivity". *Journal. Washington Academy of Sciences*, Washington, D. C, vol. 16, no. 12, pp. 317-323, 1926. URL: <http://www.jstor.org/stable/24529203>
20. J. Ramirez, G. Gallego, W. Niebles-Núñez, and J. G. Tirado, "Blockchain Technology for Sustainable Supply Chains: A Bibliometric Study," *Journal of Distribution Science*, vol. 21, no. 6, pp. 119-129, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15722/jds.21.06.202306.119>
21. M. T. Cortés-Tomás, J. A. Giménez-Costa, B. Martín-del-Río, C. Gómez-Íñiguez, and Á. Solanes-Puchol, "Binge drinking: the top 100 cited papers," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 17, p. 9203, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3390/ijerph18179203>

22. S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M. J. Bogaardt, "Big data in smart farming—a review," *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69–80, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
23. A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas, and C. Kittas, "Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges," *Biosystems Engineering*, vol. 164, pp. 31–48, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>
24. M. P. Caro, M. S. Ali, M. Vecchio and R. Giaffreda, "Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation," 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IoT Tuscany), Tuscany, Italy, 2018, pp. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021>
25. S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and S. A. Gawankar, "Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications," *International Journal of Production Economics*, vol. 219, pp. 179–194, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.022>
26. I. Mistry, S. Tanwar, S. Tyagi, and N. Kumar, "Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 135, p. 106382, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106382>
27. M. Lezoche, J. E. Hernandez, M. D. M. E. A. Díaz, H. Panetto, and J. Kacprzyk, "Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture," *Computers in Industry*, vol. 117, p. 103187, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187>
28. Y. Liu, X. Ma, L. Shu, G. P. Hancke and A. M. Abu-Mahfouz, "From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 6, pp. 4322–4334, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
29. M. A. Ahad, S. Paiva, G. Tripathi, and N. Feroz, "Enabling technologies and sustainable smart cities," *Sustainable cities and society*, vol. 61, p. 102301, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301>
30. O. Friha, M. A. Ferrag, L. Shu, L. Maglaras and X. Wang, "Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies," in *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 8, no. 4, pp. 718–752, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>
31. C. Brewster, I. Roussaki, N. Kalatzis, K. Doolin and K. Ellis, "IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 9, pp. 26–33, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600528>
32. S. Saurabh and K. Dey, "Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains," *Journal of Cleaner Production*, vol. 284, p. 124731, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124731>
33. Z. Pang, Q. Chen, W. Han, and L. Zheng, "Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion," *Information Systems Frontiers*, vol. 17, pp. 289–319, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-012-9374-9>
34. A. Kamilaris, F. Gao, F. X. Prenafeta-Boldu and M. I. Ali, "Agri-IoT: A semantic framework for Internet of Things-enabled smart farming applications," 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Reston, VA, USA, 2016, pp. 442–447. DOI: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845467>
35. F. Antonucci, S. Figorilli, C. Costa, F. Pallottino, L. Raso, and P. Menesatti, "A review on blockchain applications in the agri-food sector," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 99, no. 14, pp. 6129–6138, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9912>
36. N. N. Misra, Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay and A. Martynenko, "IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 9, pp. 6305–6324, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2998584>
37. A. Villa-Henriksen, G. T. Edwards, L. A. Pesonen, O. Green, and C. A. G. Sørensen, "Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential," *Biosystems engineering*, vol. 191, pp. 60–84, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013>
38. I. Makhdoom, I. Zhou, M. Abolhasan, J. Lipman, and W. Ni, "PrivySharing: A blockchain-based framework for privacy-preserving and secure data sharing in smart cities," *Computers & Security*, vol. 88, p. 101653, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101653>
39. M. Torky and A. E. Hassanein, "Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 178, p. 105476, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105476>

40. P. W. Khan, Y. C. Byun, and N. Park, "IoT-blockchain enabled optimized provenance system for food industry 4.0 using advanced deep learning," *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2990, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20102990>
41. F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, and J. Mora-Martínez, "Precision agriculture design method using a distributed computing architecture on internet of things context," *Sensors*, vol. 18, no. 6, p. 1731, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18061731>
42. J. Ruan et al., "A Life Cycle Framework of Green IoT-Based Agriculture and Its Finance, Operation, and Management Issues," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 57, no. 3, pp. 90-96, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1800332>
43. R. L. Rana, C. Tricase, and L. De Cesare, "Blockchain technology for a sustainable agri-food supply chain," *British Food Journal*, vol. 123, no. 11, pp. 3471-3485, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2020-0832>
44. O. Bermeo-Almeida, M. Cardenas-Rodriguez, T. Samaniego-Cobo, E. Ferruzola-Gómez, R. Cabezas-Cabezas, and W. Bazán-Vera, "Blockchain in agriculture: A systematic literature review," in *Technologies and Innovation: 4th International Conference, CITI 2018*, Guayaquil, Ecuador, November 6-9, 2018, *Proceedings 4*, pp. 44-56, Springer International Publishing, 2018. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_4)
45. M. Kim, B. Hilton, Z. Burks and J. Reyes, "Integrating Blockchain, Smart Contract-Tokens, and IoT to Design a Food Traceability Solution," 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, 2018, pp. 335-340. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2018.8615007>
46. Y. Liu, W. Han, Y. Zhang, L. Li, J. Wang, and L. Zheng, "An Internet-of-Things solution for food safety and quality control: A pilot project in China," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 3, pp. 1-7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.06.001>
47. J. Demaine, "Fractionalization of research impact reveals global trends in university collaboration," *Scientometrics*, vol. 127, no. 5, pp. 2235-2247, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-021-04246-w>
48. S. Bimonte, F. A. Coulibaly, and S. Rizzi, "An approach to on-demand extension of multidimensional cubes in multi-model settings: Application to IoT-based agro-ecology," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 150, p. 102267, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2023.102267>
49. D. P. Guragain, B. Shrestha, and I. Bajracharya, "A low-cost centralized IoT ecosystem for enhancing oyster mushroom cultivation," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 15, p. 100952, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100952>
50. M. Mudholkar and P. Mudholkar, "Empowering Agricultural Ecosystems: Leveraging 5G IoT for Enhanced Product Integrity and Sustainable Ecological Environments," *Journal of Informatics Education and Research*, vol. 4, no. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.52783/jier.v4i1.605>