

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

<https://doi.org/10.35381/i.p.v8i14.4909>

## **Internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales agrícolas: mapeo sistemático**

### **The Internet of Things for monitoring agricultural environmental factors: a systematic mapping study**

Gardyn Olivera-Ruiz  
[gardyn.olivera@unas.edu.pe](mailto:gardyn.olivera@unas.edu.pe)  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Leoncio Prado  
Perú

<https://orcid.org/0000-0002-7200-6124>

Edwin Jesús Vega-Ventocilla  
[edwin.vega@unas.edu.pe](mailto:edwin.vega@unas.edu.pe)  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Leoncio Prado  
Perú

<https://orcid.org/0000-0002-3628-9016>

Recibido: 02 de agosto 2025  
Revisado: 03 de octubre 2025  
Aprobado: 15 de noviembre 2025  
Publicado: 01 de enero 2026

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

## RESUMEN

La aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura enfrenta diversos enfoques y desafíos debido a la variedad tecnológica y de factores ambientales monitoreados. Se planteó como problema general: ¿Cómo se han aplicado las tecnologías IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola durante los últimos cinco años? Para ello, se consultaron bases de datos indexadas (Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect y SAGE Journals), aplicando criterios de inclusión y exclusión bajo el enfoque PICOC. Se analizaron 30 estudios que revelaron que los factores más monitoreados son temperatura, humedad, pH, CO<sub>2</sub> y radiación solar. Las tecnologías predominantes incluyen sensores de bajo consumo, redes WSN y LoRaWAN, y plataformas como Raspberry Pi y ThingSpeak. Sin embargo, persisten limitaciones como dependencia de conectividad, falta de interoperabilidad y costos de implementación. Los hallazgos ofrecen una visión estructurada del estado del arte y orientan investigaciones hacia soluciones IoT sostenibles y eficientes.

**Descriptores:** Agricultura inteligente; Internet de las cosas (IoT); Monitoreo ambiental agrícola; Sensores inalámbricos. (Tesauro UNESCO).

## ABSTRACT

The application of the Internet of Things (IoT) in agriculture faces various approaches and challenges due to the diversity of technologies and environmental factors monitored. The general research question addressed was: How have IoT technologies been applied to monitor environmental factors in agricultural production over the past five years? To answer this, indexed databases (Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, and SAGE Journals) were reviewed, applying inclusion and exclusion criteria based on the PICOC framework. Thirty studies were analyzed, revealing that the most frequently monitored factors are temperature, humidity, pH, CO<sub>2</sub>, and solar radiation. The predominant technologies include low-power sensors, WSN and LoRaWAN networks, and platforms such as Raspberry Pi and ThingSpeak. However, limitations persist, including connectivity dependence, lack of interoperability, and implementation costs. The findings provide a structured overview of the state of the art and guide future research toward sustainable and efficient IoT solutions.

**Descriptors:** Smart agriculture; Internet of Things (IoT); Agricultural environmental monitoring; Wireless sensors. (UNESCO Thesaurus).

## INTRODUCTION

En un contexto global donde la demanda de alimentos continúa creciendo y los recursos naturales se ven cada vez más limitados, la agricultura de precisión ha emergido como una respuesta clave para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad en las prácticas agrícolas (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2017; Cisternas et al., 2020).

El Internet de las Cosas (IoT) tiene potencial en la agricultura por su capacidad de monitorear factores abióticos, bióticos y antropogénicos que influyen en el desarrollo de los cultivos. Variables como la humedad del suelo, temperatura, radiación solar, calidad del aire y del agua son clave para una gestión agrícola (Alahmad et al., 2023).

En esta línea, Bhor et al. (2024) realizaron una revisión sistemática sobre la aplicación del IoT en la agricultura, destacando su utilidad en el monitoreo de factores ambientales como el clima, la calidad del suelo y la salud de los cultivos. Dicho estudio evidenció que el IoT contribuye a mejorar la productividad, optimizar el uso de recursos y reducir las pérdidas agrícolas, concluyendo que desempeña un papel fundamental en la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola.

De manera complementaria, Dhineshkumar et al. (2024) desarrollaron un sistema de monitoreo e irrigación basado en IoT que emplea sensores para medir factores ambientales como la temperatura y la concentración de nutrientes, logrando mejorar el uso de recursos en un 40 % y el rendimiento de los cultivos en un 30 %, con una precisión del 92 % en la predicción de condiciones ambientales.

Por su parte, Shankar et al. (2024) realizaron una revisión comparativa sobre la integración del IoT y el aprendizaje automático en la agricultura, destacando que los modelos híbridos permiten analizar datos del suelo y la salud de los cultivos en tiempo real, optimizando el rendimiento y promoviendo prácticas sostenibles. De igual modo, Sharma et al. (2024) efectuaron una revisión integral del papel del IoT y las tecnologías de sensores en la agricultura sostenible, evidenciando que la recopilación de datos en

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

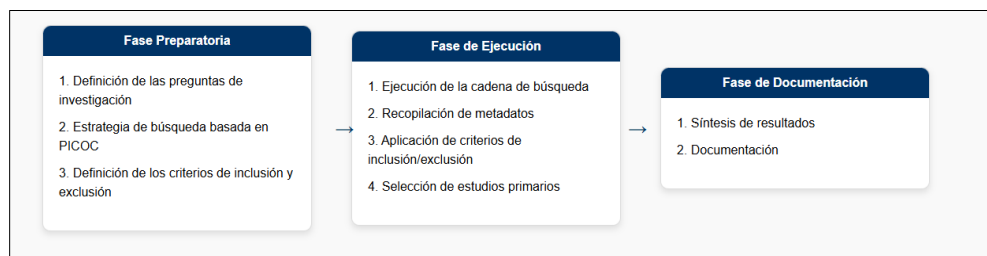
tiempo real sobre la humedad, la temperatura y la salud de los cultivos mejora la agricultura de precisión y la gestión de recursos.

Asimismo, Satheswaran et al. (2023) expusieron que los sistemas de monitoreo agrícola basados en IoT permiten a los agricultores tomar decisiones en tiempo real mediante sensores de temperatura, humedad y agua, optimizando así las prácticas productivas. Finalmente, Pragadeswaran et al. (2023) demostraron que los sistemas de monitoreo IoT aplicados tanto a cultivos como a ganado contribuyen a mejorar la productividad y reducir residuos, aunque persisten desafíos vinculados con la conectividad, los costos y la ciberseguridad de los datos.

Aunque las investigaciones en este campo han avanzado, existen brechas en el estudio de los factores ambientales. Este estudio tiene como objetivo: realizar un mapeo sistemático sobre la aplicación de tecnologías IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola, con un enfoque en los estudios publicados entre 2020 y 2025.

## MÉTODOS

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque de mapeo sistemático, orientado a revisar, clasificar y analizar investigaciones recientes relacionadas con el uso del IoT en el monitoreo de factores ambientales agrícolas. El mapeo sistemático realizado (Figura 1) se basó en un enfoque estructurado en las metodologías propuestas por Petersen et al. (2015) y Kitchenham y Charters (2007).



Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

## Figura 1. Metodología de investigación.

**Elaboración:** Petersen et al. (2015) y Kitchenham y Charters (2007).

### Fase preparatoria

Para analizar el impacto del IoT en el monitoreo ambiental agrícola, se formularon preguntas bibliométricas (Tabla 1) y de investigación (Tabla 2) que orientaron el estudio y permitieron comprender su uso y potencial en las prácticas agrícolas. Las preguntas bibliométricas ayudan a identificar la evolución reciente y las áreas de mayor crecimiento en la investigación sobre IoT, proporcionando un contexto global y actualizado.

**Tabla 1.**

Preguntas bibliométricas.

ID	Preguntas demográficas
PG1	¿En qué medios se publican los trabajos de investigación acerca de internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?
PG2	¿Cuál es la tendencia y evolución del internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?
PG3	¿Quiénes son los principales autores que realizan investigación sobre el IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?
PG4	¿Cuáles son los trabajos más influyentes en temas de internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?

**Elaboración:** Los autores.

Las preguntas de investigación fueron las siguientes:

**Tabla 2.**

Preguntas de investigación.

ID	Preguntas de investigación
PI1	¿Cuáles son los factores ambientales (abióticos, bióticos y antrópicos) en la producción ambiental monitoreados con mayor frecuencia mediante tecnologías IoT?
PI2	¿Cuáles son las tecnologías IoT más frecuentemente reportadas en la literatura (sensores específicos, plataformas predominantes, tipos de redes utilizadas, modelos principales de despliegue), así como sus ventajas y limitaciones más comunes?
PI3	¿Cuáles son los beneficios más recurrentes, los principales desafíos enfrentados y las brechas específicas en la investigación relacionadas con la adopción de tecnologías IoT para el monitoreo ambiental en la agricultura?

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

**Elaboración:** Los autores.

### Estrategia de búsqueda

Para llevar a cabo el mapeo sistemático, se seleccionaron repositorios tales como Scopus, ScienceDirect, SAGE Journals e IEEE Xplore, repositorios que tienen una amplia relevancia y cobertura en literatura científica especializada. La investigación se guió mediante el marco PICOC (Población, Intervención, Comparación, Resultados y Contexto). En la Tabla 3 se definen claramente los elementos esenciales y construir cadenas de búsqueda robustas y precisas (Frandsen et al., 2020).

**Tabla 3.**

Términos de búsqueda basado en el marco PICOC.

Elemento	Palabras clave o términos de búsqueda
Población (P)	("environmental monitoring" OR "temperature" OR "humidity" OR "pH" OR "solar radiation" OR "air quality" OR "conductivity" OR "precipitation")
Intervención (I)	("Internet of Things" OR "IoT")
Comparación (C)	-
Resultados (O)	("implementation" OR "platforms" OR "protocols" OR "networks")
Contexto (C)	("precision agriculture" OR "crop monitoring")

**Elaboración:** Los autores

La tabla 4 muestra los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE) utilizados en el mapeo.

**Tabla 4.**

Criterios de inclusión y exclusión.

Tipo	ID	Criterio
CI	CI1	Estudios en inglés, publicados y concluidos entre 2020 y 2025.
	CI2	Estudios provenientes de fuentes de información primaria.
	CI3	Investigaciones de tecnología IoT para el monitoreo de factores ambientales.
	CI4	Estudios que abordaran la eficiencia en la producción agrícola y la sostenibilidad del uso de recursos
CE	CE1	Artículos duplicados.

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

---

CE2	Correspondían a capítulos de libros, editoriales, erratas y artículos retractados.
CE3	Artículos que no eran de acceso libre.
CE4	Estudios con baja calidad, retractados o de longitud corta.

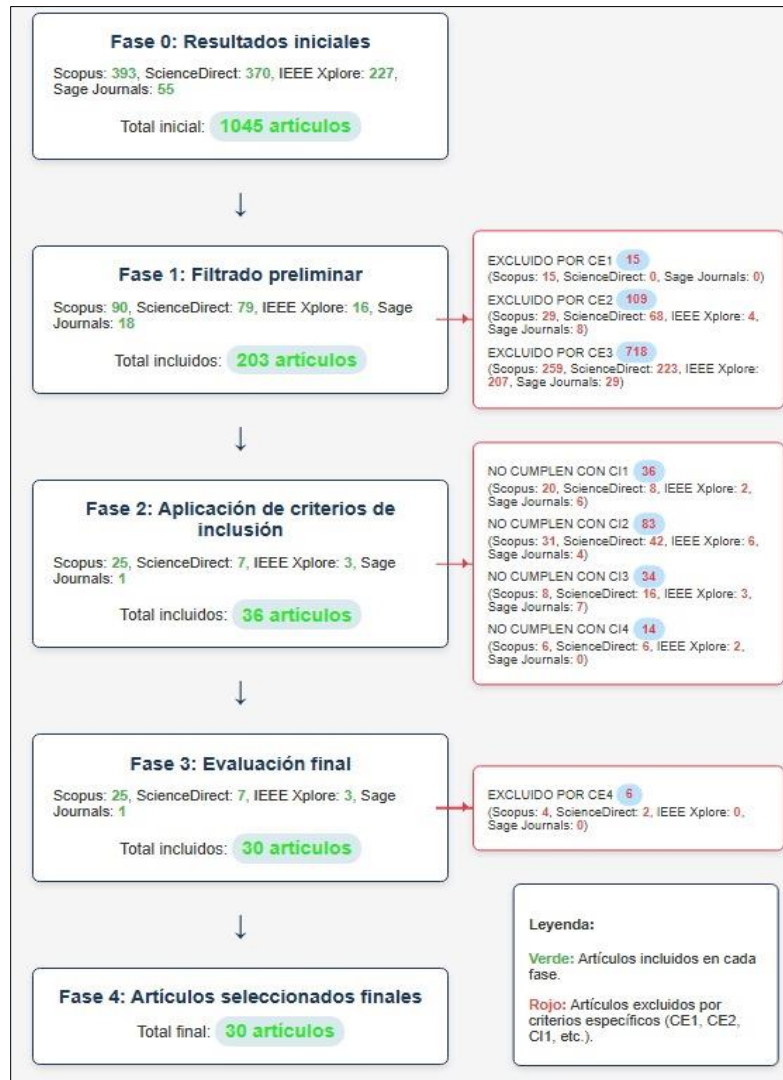
---

**Elaboración:** Los autores

### **Fase de ejecución**

En la Figura 2 se muestra el proceso realizado en el presente mapeo sistemático. En la “fase 0: Resultados iniciales”, se identificaron 1045 artículos en las bases de datos seleccionadas (Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, SAGE Journals). Posteriormente, estos artículos iniciales fueron sometidos al filtrado de diversas fases, aplicando criterios de inclusión y exclusión, hasta obtener un total de 30 artículos relevantes.

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.



**Figura 2.** Flujograma de ejecución del mapeo sistemático.

**Elaboración:** Los autores.

Se aplicaron criterios de exclusión (CE) y criterios de inclusión (CI) en cada fase para filtrar los artículos relevantes. En cada etapa, se visualizan los artículos retenidos en color verde y los excluidos en color rojo.

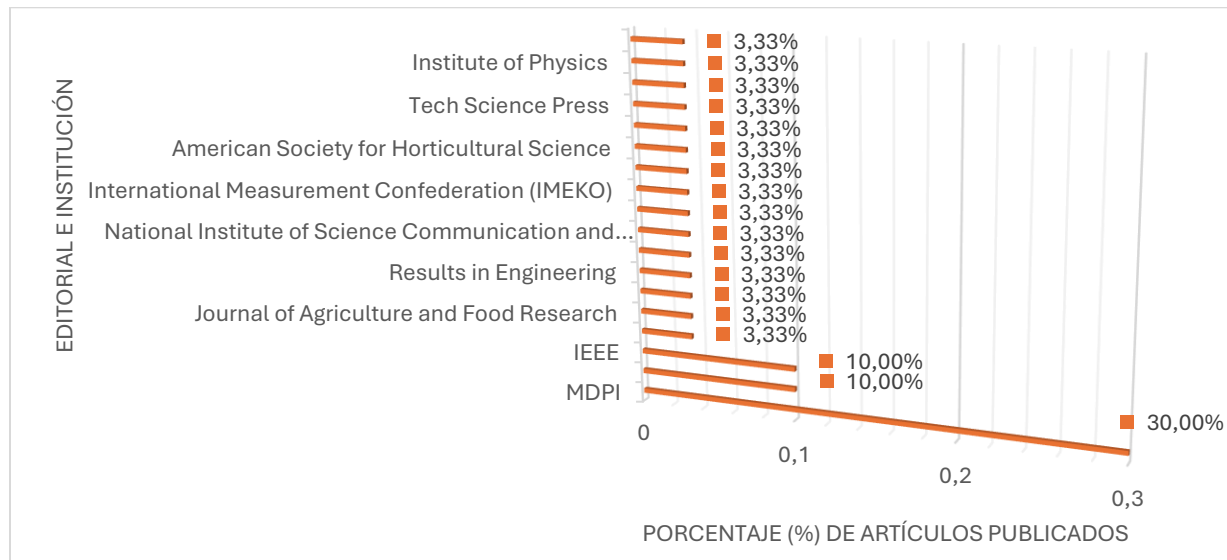
## RESULTADOS



Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

### PG1: ¿En qué medios se publican los trabajos de investigación acerca de IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?

En la figura 3, se muestra la frecuencia y distribución porcentual de los artículos científicos publicados según editorial e institución. Destaca claramente la editorial MDPI, que representa el 30% del total analizado. Le siguen IEEE y Elsevier, cada una con el 10%. Las demás instituciones presentan un valor uniforme del 3.33%, indicando una dispersión equilibrada en estas categorías. Esta distribución refleja una preferencia marcada por editoriales de alto alcance multidisciplinario como MDPI, IEEE y Elsevier.



**Figura 3.** Frecuencia y distribución de artículos según editorial e institución.  
**Elaboración:** Los autores.

### PG2: ¿Cuál es la tendencia y evolución del IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?

Se analiza la distribución porcentual de artículos científicos según el país de origen, basada en el mapeo sistemático de las 30 publicaciones. Se evidenció que Italia (23.33%)

e India (20%) concentran la mayor proporción de publicaciones, mientras que países como Marruecos, Bangladesh y Grecia presentan valores moderados (6.66% cada uno). Los demás países, entre los que se encuentran Francia, Japón, Colombia, Alemania, Estados Unidos, España, Turquía, Irán, Rumania, Nigeria, China (Beijing) y Arabia Saudita, registran un 3.33% cada uno. Esta representación facilita la identificación de tendencias geográficas en la producción científica, destacando focos de mayor actividad en determinadas regiones de Europa y Asia.

Adicionalmente, se analiza la distribución porcentual de artículos científicos según intervalos de años de publicación. La mayor concentración de publicaciones ocurrió en el intervalo [2024; 2025> con un 30%, seguido por los intervalos [2022; 2023> y [2023; 2024>, cada uno con 16.67%. El intervalo con menor porcentaje fue [2025; 2026>, con solo 6.67%, indicando una tendencia creciente de producción científica hasta el año 2024.

### **PG3: ¿Quiénes son los principales autores que realizan investigación sobre el IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?**

La tabla 5 muestra la información consolidada de tres autores destacados, incluyendo: ORCID, número de publicaciones indexadas, citas totales recibidas e índice h reportado en Scopus.

**Tabla 5.**  
Métricas bibliométricas de los autores analizados.

<b>Autor</b>	<b>ORCID</b>	<b>Publicaciones</b>	<b>Citas</b>	<b>Índice H</b>
Chehbouni, Abdelghani	0000-0002-0270-1969	334	12,012	55

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

Khabba, Saïd	0000-0002-3399-9955	123	2,983	31
Morbidelli, Renato	0000-0001-8388-1249	109	3,867	32

**Elaboración:** Los autores.

#### **PG4: ¿Cuáles son los trabajos más influyentes en temas de internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?**

La Tabla 6 muestra, los cinco estudios más influyentes en la aplicación de IoT para el monitoreo ambiental en la producción agrícola, identificados a partir de su número de citas. Se incluyen las referencias abreviadas en formato APA (autor, año).

**Tabla 6.**

Trabajos más influyentes en IoT para el monitoreo ambiental en la producción agrícola.

<b>Título</b>	<b>Veces Citadas</b>	<b>Referencia</b>
Smart Weather Data Management Based on Artificial Intelligence and Big Data Analytics for Precision Agriculture.	35	(Hachimi et al., 2023)
Monitoring soil and ambient parameters in the IoT precision agriculture scenario: An original modeling approach dedicated to low-cost soil water content sensors.	90	(Placidi et al., 2021)
A Deep Learning-Based Sensor Modeling for Smart Irrigation System.	41	(Sami et al., 2022)
Deep learning predictor for sustainable precision agriculture based on Internet of Things system.	99	(Jin et al., 2020)
Design, development and evaluation of an intelligent animal repelling system for crop protection based on embedded edge-AI.	36	(Adami et al., 2021)

**Elaboración:** Los autores.

#### **PI1: ¿Cuáles son los factores ambientales en la producción agrícola monitoreados con mayor frecuencia mediante tecnologías IoT?**

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

La Tabla 7, muestra la agrupación de los artículos que exploran los tres tipos de factores ambientales: abióticos, bióticos y antrópicos que son monitoreados por tecnologías IoT.

**Tabla 7.**

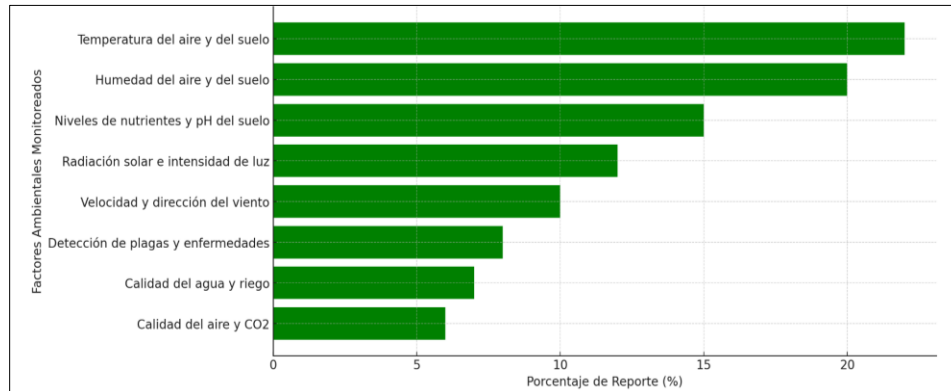
Artículos sobre factores ambientales monitoreados con tecnologías IoT.

<b>Categoría</b>	<b>Referencias</b>
Factores Abióticos	(Vandôme et al., 2023), (Islam et al., 2023), (Aarthi et al., 2023), (Huda et al., 2024), (Kumar et al., 2024), (Al Mamun et al., 2025), (Zito et al., 2024), (Tugnolo et al., 2025), (Hachimi et al., 2023), (Peppi et al., 2023) , (Placidi et al., 2021), (Bauer y Aschenbruck, 2020), (Ferrarezi y Peng, 2021), (Garrido et al., 2022), (Qayyum et al., 2020), (Sami et al., 2022), (Jamal et al., 2021), (Marcu et al., 2022), (Suresh et al., 2022), (Eteng et al., 2022), (Rokade et al., 2022), (Tsipis et al., 2020), (Jin et al., 2020), (Idbella, M. et al., 2020).
Factores Abióticos / Antrópicos	(Kalimuthu y PrabuPelavendran, 2024).
Factores Abióticos / Bióticos / Antrópicos	(Griffiths et al., 2023).
Factores Antrópicos	(Morchid et al., 2024).
Factores Bióticos	(Adami et al., 2021), (Alumfareh et al., 2024).

**Elaboración:** Los autores

En la figura 4, se muestra la distribución de factores ambientales monitoreados mediante IoT.

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.



**Figura 4.** Distribución de factores ambientales monitoreados mediante IoT.  
**Elaboración:** Los autores.

Se observó de los 30 artículos, que el factor ambiental más monitoreado mediante tecnologías IoT en la producción agrícola es la temperatura del aire y del suelo, representando un 22% de los casos analizados. La humedad del aire y del suelo ocupa el segundo lugar, con un 20%. En un 15% de los casos, se monitorean los niveles de nutrientes y el pH del suelo. La radiación solar y la intensidad de la luz representan un 12% del monitoreo en los estudios revisados. Con un 10%, la velocidad y dirección del viento también son monitoreadas. La detección de plagas y enfermedades representa un 8% del monitoreo en los artículos revisados. En un 7%, la calidad del agua y la gestión del riego también son factores clave. Finalmente, la calidad del aire y los niveles de CO2 representan un 6% del monitoreo.

**PI2: ¿Cuáles son las tecnologías IoT más frecuentemente reportadas en la literatura (sensores específicos, plataformas predominantes, tipos de redes utilizadas, modelos principales de despliegue), así como sus ventajas y limitaciones más comunes?**

### ***Sensores específicos***

Se observó de los 30 artículos, que los sensores más utilizados son los de temperatura (43.3%), humedad del suelo (33.3%) y humedad ambiental (30%), seguidos por sensores de temperatura del aire (13.3%). Estos dispositivos son fundamentales para monitorear las condiciones climáticas y del suelo, permitiendo una mejor gestión del riego y la salud de los cultivos. En menor proporción, con una presencia inferior al 10% en los artículos revisados, se reporta el uso de sensores de pH, conductividad eléctrica, velocidad del viento, intensidad de luz, radiación solar, precipitación y CO<sub>2</sub>, cada uno con aplicaciones específicas según el tipo de cultivo y las necesidades del monitoreo ambiental. Aunque estos sensores no son tan comunes, su incorporación permite un análisis más detallado de los factores que influyen en la productividad agrícola.

### ***Plataformas predominantes***

Se observó de los 30 artículos que, en primer lugar, un 23.53% de los casos no especifica una plataforma en particular, lo que sugiere que muchos estudios se enfocan en la implementación general de IoT sin centrarse en una solución específica. Entre las plataformas identificadas, Raspberry Pi y ThingSpeak destacan con un 5.88% de presencia cada una. Otras plataformas reportadas con una presencia del 2.94% incluyen NodeMCU, Ubidots y Thingsboard, las cuales ofrecen soluciones accesibles para la gestión de datos en IoT. Asimismo, se evidenciaron plataformas especializadas como The Things Network (TTN) con un 2.94%, enfocada en redes LoRaWAN, y ADCON addVANTAGE con el mismo porcentaje, diseñada para aplicaciones en agricultura.

También se registran tecnologías como Grafana (2.94%) para la visualización de datos y Flask (2.94%), que facilita la implementación de aplicaciones web para IoT.

### ***Tipos de redes***

Se observó de los 30 artículos que, las redes de sensores inalámbricos (WSN) son las más utilizadas, reportadas en un 23.33% de los estudios. Le siguen las redes privadas LoRa y LoRaWAN, ambas con un 20% de presencia. Otras tecnologías utilizadas incluyen NB-IoT (13.33%), Wi-Fi (10%) y redes inalámbricas generales (10%). Finalmente están GSM (6.67%), ZigBee (6.67%) y SigFox (3.33%), que, aunque menos frecuentes, ofrecen soluciones específicas según las necesidades del entorno agrícola.

### ***Modelos de despliegue***

Se observó de los 30 artículos que, el modelo más reportado es el "Modelo de Despliegue IoT en la Nube", presente en el 10% de los artículos, lo que refleja una tendencia hacia la centralización del procesamiento y almacenamiento de datos. Además, se identificaron múltiples modelos con características similares, cada uno con una presencia del 3.33% en los artículos analizados. Entre ellos destacan los "Sistemas de monitoreo continuo", "Sistemas de agricultura inteligente", "Sistemas de predicción precisa de variables críticas como temperatura, humedad y humedad del suelo" y "Sistemas para monitoreo en tiempo real de las condiciones del suelo y del clima".

### ***Ventajas más reportadas***

Se observó de los 30 artículos que, la ventaja más reportada en el uso de tecnologías IoT es el monitoreo en tiempo real y continuo, con un 36.54% de los casos. La reducción de costos y la eficiencia en el uso de recursos es la segunda ventaja más mencionada, con un 29.23%. El acceso remoto y la escalabilidad representan un 14.62% de las ventajas reportadas. Con un 7.08%, la alta precisión y confiabilidad de las tecnologías IoT es otro factor clave. De manera similar, la automatización y la reducción de

intervención humana también representan un 7.08% de los casos. Finalmente, la sostenibilidad y el menor impacto ambiental, junto con la mejora en la toma de decisiones y el análisis predictivo, tienen cada una presencia del 5%.

### ***Limitaciones más reportadas***

Se observó de los 30 artículos que, la principal limitación reportada en la implementación de tecnologías IoT es el alto costo de implementación y mantenimiento, representando un 37.5% de los casos. La dependencia de la conectividad y redes es la segunda limitación más frecuente, con un 25%. La falta de integración y compatibilidad representa un 12.5% de las limitaciones. Los desafíos de seguridad y privacidad también aparecen en un 12.5% de los casos. Finalmente, la necesidad de capacitación especializada es reportada en un 12.5% de los estudios analizados.

### **PI3: ¿Cuáles son los principales desafíos y brechas en la adopción de tecnologías IoT para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola?**

#### ***Principales desafíos en la adopción de tecnologías IoT***

Se observó de los 30 artículos que, uno de los principales desafíos en la adopción de tecnologías IoT en la producción agrícola es el costo de implementación y mantenimiento, representando un 25%. La conectividad y cobertura de red es otro desafío significativo, con un 20% de los artículos. El consumo de energía y la eficiencia operativa representan un 15% de los desafíos reportados. En un 10% de los casos, la seguridad y privacidad de datos es una preocupación clave. La falta de capacitación y conocimientos técnicos afecta también al 10% de los agricultores que intentan adoptar estas tecnologías. La interoperabilidad y estandarización de los sistemas IoT es otro obstáculo importante, con una presencia del 8% en los artículos revisados. La gestión y procesamiento de datos, con un 7%, también representa un reto, ya que la cantidad de información generada por sensores y dispositivos IoT es enorme. Finalmente, la resistencia de los dispositivos IoT a condiciones ambientales adversas se menciona en un 5% de los casos.



### ***Brechas en la adopción de IoT***

Se observó de los 30 artículos que, uno de los principales problemas en la adopción de IoT en la producción agrícola es la falta de estandarización e interoperabilidad, representando un 22%. La capacitación y el conocimiento técnico limitado es otro obstáculo relevante, con un 18% de los artículos. El acceso y costo de la tecnología representa una brecha importante con un 16%. En un 14%, la conectividad y la cobertura de red se identifican como un problema clave. La gestión y análisis de datos, con un 10%. La integración de tecnologías avanzadas, como el uso de inteligencia artificial y big data, aún enfrenta desafíos, representando un 8% de las brechas identificadas. La seguridad y privacidad de datos también es una preocupación destacada en un 7% de los estudios. Finalmente, la sostenibilidad y viabilidad a largo plazo representa un 5% de las brechas reportadas.

### **DISCUSIÓN**

Los hallazgos del presente mapeo sistemático confirman que el IoT se ha consolidado como un eje central de la agricultura de precisión durante el período 2020 al 2025. La investigación realizada va en correspondencia con lo reportado por Cisternas et al. (2020) y Alahmad et al. (2023), quienes señalan que el avance del IoT agrícola está vinculado a la necesidad de optimizar recursos hídricos, energéticos y productivos frente a escenarios de cambio climático y aumento de la demanda alimentaria.

Desde una perspectiva geográfica, la concentración de publicaciones en países como Italia e India coincide con lo observado en revisiones previas (Bhor et al., 2024; Sharma et al., 2024), donde se destaca que estas regiones combinan una fuerte tradición agrícola con un desarrollo tecnológico emergente. En contraste, la limitada representación de países latinoamericanos y africanos, también identificada por Abu et al. (2022), sugiere que la brecha no radica en la aplicabilidad del IoT, sino en restricciones estructurales

asociadas a infraestructura, financiamiento y políticas de innovación, lo que refuerza la necesidad de estrategias de transferencia tecnológica adaptadas a contextos en desarrollo.

El análisis comparativo de los factores ambientales monitoreados revela mayor predominio de variables como: temperatura y humedad del aire y el suelo. Esta tendencia coincide con Placidi et al. (2021) y Ferrarezi y Peng (2021), quienes destacan que estas variables son críticas para la gestión del riego y presentan una alta relación costo-beneficio. No obstante, en comparación con estudios que integran enfoques más holísticos, como los de Griffiths et al. (2023) y Morchid et al. (2024), la mayoría de las investigaciones aún representa factores bióticos y antrópicos, lo que limita una comprensión integral de los sistemas agrícolas complejos.

En relación con las tecnologías empleadas, los resultados confirman que los sensores de temperatura y humedad, junto con redes WSN y LoRaWAN, son las soluciones más utilizadas, en concordancia con Vandôme et al. (2023) y Alumfareh et al. (2024). Estas tecnologías destacan por su bajo consumo energético y su adaptabilidad a entornos rurales. Sin embargo, al comparar estos hallazgos con propuestas más avanzadas basadas en NB-IoT, Edge Computing o arquitecturas híbridas (Tsipis et al., 2020; Huda et al., 2024), se observa que su adopción es limitada, principalmente por costos de implementación y requerimientos técnicos más complejos.

Un aspecto relevante identificado en este estudio es la ausencia de una plataforma IoT dominante, situación que también ha sido señalada por Alahmad et al. (2023) y Segrera Salom et al. (2022). Mientras que plataformas como Raspberry Pi, ThingSpeak o Ubidots ofrecen soluciones funcionales y de bajo costo, la falta de estandarización dificulta la interoperabilidad entre sistemas y la escalabilidad de las soluciones.

Desde el punto de vista de los beneficios, el monitoreo en tiempo real y la optimización del uso de recursos son reportados como las principales ventajas del IoT agrícola, en línea con lo expuesto por Dhineshkumar et al. (2024) y Satheswaran et al. (2023). No

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

obstante, al comparar estos beneficios con las limitaciones identificadas, existe contraste entre el potencial tecnológico y su viabilidad práctica. El alto costo de implementación, la dependencia de la conectividad y la necesidad de capacitación especializada, también reportadas por Pragadeswaran et al. (2023) y Kalimuthu y PrabuPelavendran (2024), continúan siendo barreras críticas para la adopción masiva del IoT en contextos rurales. Finalmente, el análisis de desafíos y brechas muestra que la falta de estandarización e interoperabilidad es un problema transversal, coincidiendo con lo señalado por Abu et al. (2022) y Sharma et al. (2024). A diferencia de estudios que proponen soluciones integradas con inteligencia artificial, big data o blockchain (Jin et al., 2020; Kalimuthu y PrabuPelavendran, 2024). En este sentido, los resultados del presente mapeo refuerzan la necesidad de investigaciones orientadas a arquitecturas interoperables, energéticamente eficientes y acompañadas de modelos de capacitación y políticas públicas que faciliten su adopción.

## CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico confirma un crecimiento sostenido en la investigación sobre IoT aplicado a la agricultura. No obstante, la distribución geográfica desigual y la fragmentación en diversas fuentes editoriales sugieren la necesidad de iniciativas globales para estandarizar el desarrollo y la difusión del conocimiento en este campo.

La investigación confirma que la temperatura y la humedad del aire y del suelo, y los niveles de nutrientes, son los factores ambientales más monitoreados mediante IoT en la agricultura. Sin embargo, la baja adopción de sensores para monitorear CO<sub>2</sub>, calidad del aire y radiación solar indica una brecha en la investigación que podría limitar el impacto del IoT en la sostenibilidad agrícola.

El monitoreo en tiempo real y la reducción de costos operativos son los beneficios más destacados del IoT en la agricultura, lo que refuerza su papel en la optimización de los recursos hídricos y la automatización de procesos. Sin embargo, el alto costo de

Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

implementación y la dependencia de la conectividad continúan siendo las principales barreras para su adopción masiva, especialmente en zonas rurales con infraestructura limitada. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de subsidios gubernamentales y avances en redes de comunicación para facilitar el acceso a estas tecnologías.

Existen desafíos significativos en la adopción del IoT en la agricultura, incluyendo la falta de estandarización, la eficiencia energética de los dispositivos y la capacitación técnica de los agricultores. La investigación sugiere que la creación de protocolos universales, el desarrollo de sensores IoT de bajo consumo y la capacitación en tecnologías digitales podrían cerrar estas brechas. Además, la exploración de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y el blockchain podría complementar el IoT para mejorar la toma de decisiones en la agricultura de precisión.

## **FINANCIAMIENTO**

Esta investigación fue desarrollada por docentes integrantes del Grupo de Investigación en Redes, Seguridad e Infraestructura de TI (RESEGTI) y financiada parcialmente por la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el marco del proyecto de investigación docente aprobado mediante Resolución N° 029-2024-D-FIIS-UNAS, titulado “Internet de las cosas para el monitoreo de factores ambientales en la producción agrícola: un estudio de mapeo sistemático”.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al Grupo de Investigación Redes, seguridad e infraestructura de TI (RESEGTI) por el apoyo en el desarrollo de la investigación, asimismo a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por el financiamiento parcial brindado.

## **REFERENCIAS CONSULTADAS**

- Aarthi, R., Sivakumar, D., y Mariappan, V. (2023). Smart Soil Property Analysis Using IoT: A Case Study Implementation in Backyard Gardening. *Procedia Computer Science*, 218, 2842–2851. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2023.01.255>
- Abu, N. S., Bukhari, W. M., Ong, C. H., Kassim, A. M., Izzuddin, T. A., Sukhaimie, M. N., Norasikin, M. A., y Rasid, A. F. A. (2022). Internet of Things applications in precision agriculture: A review. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(3), Article 14159-338. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i3.14159>
- Adami, D., Ojo, M. O., y Giordano, S. (2021). Design, Development and Evaluation of an Intelligent Animal Repelling System for Crop Protection Based on Embedded Edge-AI. *IEEE Access*, 9, 132125–132139. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3114503>
- Alahmad, T., Neményi, M., y Nyéki, A. (2023). Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review. *Agronomy*, 13(10), 2603. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102603>
- Al Mamun, M. R., Ahmed, A. K., Upoma, S. M., Haque, M. M., y Ashik-E-Rabbani, M. (2025). IoT-enabled solar-powered smart irrigation for precision agriculture. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100773. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100773>
- Alumfareh, M. F., Humayun, M., Ahmad, Z., y Khan, A. (2024). An Intelligent LoRaWAN-based IoT Device for Monitoring and Control Solutions in Smart Farming through anomaly detection integrated with unsupervised machine learning. *IEEE Access*, 12, 119072-119086. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3450587>
- Bauer, J., y Aschenbruck, N. (2020). Towards a low-cost RSSI-based crop monitoring. *ACM Transactions on Internet of Things*, 1(4), 21. <https://doi.org/10.1145/3393667>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Technical report. Ver. 2.3. EBSE Technical Report. <https://n9.cl/a2tfx>
- Cisternas, I., et al. (2020). Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105626. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626>
- Eteng, I., Ugbe, C., y Oladimeji, S. (2022). Implementing smart farming using internet technology and data analytics: a prototype of a rice farm. *Eastern-European Journal*

*of Enterprise Technologies*, 3(2), 48–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259113>

Frandsen, T. F., Bruun Nielsen, M. F., Lindhardt, C. L., y Eriksen, M. B. (2020). Using the full PICO model as a search tool for systematic reviews resulted in lower recall for some PICO elements. *Journal of Clinical Epidemiology*, 127, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2020.07.005>

Ferrarezi, R. S., y Peng, T. W. (2021). Smart System for Automated Irrigation Using Internet of Things Devices. *HortTechnology*, 31(6), 642–649. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04860-21>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO. <https://n9.cl/jrmgr>

Garrido, M. C., Cadenas, J. M., Bueno-Crespo, A., Martínez-España, R., Giménez, J. G., y Cecilia, J. M. (2022). Evaporation Forecasting through Interpretable Data Analysis Techniques. *Electronics (Switzerland)*, 11(4), 536. <https://doi.org/10.3390/electronics11040536>

Hachimi, C. El, Belaqqiz, S., Khabba, S., Sebbar, B., Dhiba, D., y Chehbouni, A. (2023). Smart Weather Data Management Based on Artificial Intelligence and Big Data Analytics for Precision Agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 13(1), 95. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010095>

Huda, S., Nogami, Y., Rahayu, M., Akada, T., Hossain, M. B., Musthafa, M. B., Jie, Y., y Anh, L. H. (2024). IoT-Enabled Plant Monitoring System with Power Optimization and Secure Authentication. *Computers, Materials and Continua*, 81(2), 3165–3187. <https://doi.org/10.32604/CMC.2024.058144>

Islam, M. R., Oliullah, K., Kabir, M. M., Alom, M., y Mridha, M. F. (2023). Machine learning enabled IoT system for soil nutrients monitoring and crop recommendation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100880. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2023.100880>

Jamal, J., Azizi, S., Abdollahpouri, A., Ghaderi, N., Sarabi, B., Silva-Ordaz, A., y Castaño-Meneses, V. M. (2021). Monitoring rocket (*Eruca sativa*) growth parameters using the Internet of Things under supplemental LEDs lighting. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 34, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100450>

- Jin, X. B., Yu, X. H., Wang, X. Y., Bai, Y. T., Su, T. L., y Kong, J. L. (2020). Deep learning predictor for sustainable precision agriculture based on internet of things system. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4), 1433. <https://doi.org/10.3390/su12041433>
- Kalimuthu, V. K., y PrabuPelavendran, M. J. (2024). Blockchain Based Secure Data Sharing in Precision Agriculture: a Comprehensive Methodology Incorporating Deep learning and Hybrid Encryption Model. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 67, 1–17. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024230858>
- Marcu, I., Drăgulescu, A. M., Oprea, C., Suciu, G., y Bălăceanu, C. (2022). Predictive Analysis and Wine-Grapes Disease Risk Assessment Based on Atmospheric Parameters and Precision Agriculture Platform. *Sustainability (Switzerland)*, 14(18), 11487. <https://doi.org/10.3390/su141811487>
- Morchid, A., Oughannou, Z., Alami, R. El, Qjidaa, H., Jamil, M. O., y Khalid, H. M. (2024). Integrated internet of things (IoT) solutions for early fire detection in smart agriculture. *Results in Engineering*, 24, 103392. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2024.103392>
- Pragadeswaran, S., Vishnu, S., Surya, P., Kurup, V., y Tamilselvan, S. (2023). An investigation on real-time monitoring system for livestock and agriculture using IoT. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 3(1), 102-109. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-8566>
- Peppi, L. M., Zauli, M., Manfrini, L., Grappadelli, L. C., De Marchi, L., y Traverso, P. A. (2023). Low-cost, high-resolution and no-manning distributed sensing system for the continuous monitoring of fruit growth in precision farming. *Acta IMEKO*, 12(2), 17. <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v12i2.1342>
- Placidi, P., Morbidelli, R., Fortunati, D., Papini, N., Gobbi, F., y Scorzoni, A. (2021). Monitoring soil and ambient parameters in the iot precision agriculture scenario: An original modeling approach dedicated to low-cost soil water content sensors. *Sensors*, 21(15), 5110. <https://doi.org/10.3390/s21155110>
- Qayyum, K., Zaman, I., y Förster, A. (2020). H2O Sense: a WSN-based monitoring system for fish tanks. *SN Applied Sciences*, 2(10), 1643. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03328-3>

- Rokade, A. I., Kadu, A. D., y Belsare, K. S. (2022). An Autonomous Smart Farming System for Computational Data Analytics using IoT. *Journal of Physics: Conference Series*, 2327(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2327/1/012019>
- Satheswaran, N., Sri Pavithra, P., Selva Prabha, V., y Sugirtha, S. (2023). IoT based smart agriculture monitoring system project. *International Journal for Research in Applied Science y Engineering Technology (IJRASET)*, 11(6), Article 2190.
- Segrera Salom, G. A., Castro Ayala, D. F., y Galvis Sanmiguel, J. A. (2022). Sistema IoT flexible para el monitoreo de variables ambientales en aplicaciones agroindustriales. *Pontificia Universidad Javeriana*.  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/63717>
- Sami, M., Khan, S. Q., Khurram, M., Farooq, M. U., Anjum, R., Aziz, S., Qureshi, R., y Sadak, F. (2022). A Deep Learning-Based Sensor Modeling for Smart Irrigation System. *Agronomy*, 12(1), 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010212>
- Suresh, P., Aswathy, R. H., Arumugam, S., Albraikan, A. A., Al-Wesabi, F. N., Hilal, A. M., y Alamgeer, M. (2022). IoT with evolutionary algorithm based deep learning for smart irrigation system. *Computers, Materials and Continua*, 71(1), 1713–1728. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.021789>
- Tsipis, A., Papamichail, A., Koufoudakis, G., Tsoumanis, G., Polykalas, S. E., y Oikonomou, K. (2020). Latency-Adjustable Cloud/Fog Computing Architecture for Time-Sensitive Environmental Monitoring in Olive Groves. *AgriEngineering*, 2(1), 175–205. <https://doi.org/10.3390/agriengineering2010011>
- Tugnolo, A., Oliveira, H. M., Giovenzana, V., Fontes, N., Silva, S., Fernandes, C., Graça, A., Pampuri, A., Casson, A., Piteira, J., Freitas, P., Guidetti, R., y Beghi, R. (2025). Quantitative prediction of grape ripening parameters combining an autonomous IoT spectral sensing system and chemometrics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 230, 109856. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109856>
- Vandôme, P., Leauthaud, C., Moinard, S., Sainlez, O., Mekki, I., Zairi, A., y Belaud, G. (2023). Making technological innovations accessible to agricultural water management: Design of a low-cost wireless sensor network for drip irrigation monitoring in Tunisia. *Smart Agricultural Technology*, 4, 100227. <https://doi.org/10.1016/J.ATECH.2023.100227>



Gardyn Olivera-Ruiz; Edwin Jesús Vega-Ventocilla.

Zito, F., Giannoccaro, N. I., Serio, R., y Strazzella, S. (2024). Analysis and Development of an IoT System for an Agrivoltaics Plant. *Technologies*, 12(7), 106.  
<https://doi.org/10.3390/technologies12070106>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).