

# Tecnología punta y agricultura: un análisis bibliométrico de la producción científica de la base de datos Scopus

MARIA ISABEL BARREIRO RIBEIRO (\*)

ANTÓNIO JOSÉ GONÇALVES FERNANDES (\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico más reciente, como el uso de sistemas electrónicos y la transmisión de datos, provocó cambios significativos en el entorno agrícola (Rehman, Jingdong, Khatoon & Hussain, 2016; Pivoto, Waquil, Talamini, Finocchio, Corte & Mores, 2018). Las nuevas tecnologías han sido fundamentales para incrementar los niveles de productividad, mejorar la eficiencia del uso de los recursos y diversificar hacia patrones de cultivo más sostenibles y con mayor valor agregado (Kapur, 2018).

Se hace referencia a la tecnología como la aplicación del conocimiento científico con fines prácticos o el uso de máquinas para facilitar un proceso y reducir el trabajo manual intensivo requerido en la producción agrícola (Esfahani & Asadiyeh, 2009; Abdullahi, Mahieddine & Sheriff, 2015). Según Naciones Unidas (2014), las tecnologías utilizadas en Agricultura se pueden clasificar en tres tipos: (1) hardware, que incluye herramientas físicas; (2) software, que incluye los procesos, habilidades, conocimientos e información necesarios para el uso de tecnologías; y,

---

(\*) Instituto. Politécnico de Bragança - Escola Sup. Agrária y Centro de Investigação de Montanha, Campus de Santa Apolónia, Bragança, Portugal

(3) “orgware” que son tecnologías organizacionales que se relacionan con la propiedad y acuerdos sobre tecnologías entre instituciones u organizaciones.

La aplicación de tecnologías a la agricultura tuvo como objetivo mejorar la productividad de los cultivos, mejorar el desempeño económico de los agricultores / empresarios y minimizar el impacto ambiental y los riesgos asociados. En este sentido, se adoptaron prácticas importantes, como la aplicación de fertilizantes inorgánicos, riego, agricultura intensiva, monocultivo, control químico de plagas y manipulación genética de plantas agrícolas (Rehman, Jingdong, Khatoon & Hussain, 2016). Más recientemente, la incorporación de sensores y tecnologías de la información y la comunicación, en equipos y máquinas, para diagnóstico (teledetección, cartografía) o rendimiento, tales como, tractores de piloto automático, sensores de cosecha, monitores de productividad, VRT (Variable Rate Technology), monitorización y el control de los sistemas de riego a través de teléfonos inteligentes, el mapeo de campo a través de GPS (Global Positioning Systems), la biotecnología, entre otros, han contribuido sustancialmente a aumentar la productividad (Braga & Pinto, 2011; Rehman, Jingdong, Khatoon & Hussain, 2016). En este sentido, se deben crear condiciones que permitan que las tecnologías reemplacen o complementen gradualmente los métodos tradicionales (Braga & Pinto, 2011).

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo verificar la evolución de las publicaciones en la base de datos Scopus sobre el uso de tecnologías de punta utilizadas en la agricultura entre 2010 y 2019; identificar las fuentes, instituciones, países, tipo de publicaciones y subáreas más importantes con publicaciones sobre esta temática; presentar el índice h de la literatura; e, identificar los temas de investigación más desarrollados en este campo en la última década.

El documento está organizado en cinco secciones. La introducción, que presenta la contextualización del tema y hace referencia a su importancia para el desarrollo sostenible de la Agricultura. La segunda sección describe la metodología utilizada en esta investigación, es decir, describe el material y los métodos. La tercera sección presenta los resultados del análisis descriptivo y del análisis de áreas temáticas. En la cuarta sección, se discuten los resultados. Finalmente, el quinto apartado revela las prin-

cipales conclusiones de esta investigación, se refiere a las limitaciones del estudio y se sugieren líneas de investigación futuras y prometedoras.

## 2. METODOLOGÍA

El 30 de enero de 2020 se realizó una búsqueda que se centró en publicaciones de la base de datos Scopus. En esta investigación se utilizaron los términos “tecnología de vanguardia” y “agricultura”. En total, se encontraron 231 publicaciones. Posteriormente, se utilizó un filtro que permitió incluir todas las publicaciones desde 2010 hasta el 30 de enero de 2020 (192). La búsqueda también se limitó a publicaciones en inglés, francés, español y portugués (180), en la fase de publicación final (178).

Se calculó estadística descriptiva, es decir, el cálculo de frecuencias absolutas y relativas para variables nominales utilizando Microsoft Excel 2016 (Pestana & Gageiro, 2014; Maroco, 2018). Posteriormente, se desarrolló un análisis bibliométrico utilizando la técnica de co-ocurrencia de términos. En este contexto, la unidad de análisis fue el artículo y las variables correspondieron a los términos incluidos en los títulos, resúmenes y palabras clave de las 178 publicaciones. Los términos se extrajeron utilizando el software VOSviewer, versión 1.6.14 y tenían como objetivo construir un mapa que muestre las relaciones entre los diferentes términos y su asociación con grupos de áreas temáticas. De hecho, de acuerdo con Romanelli, Fujimoto, Ferreira y Milanez (2018), este software es una herramienta robusta que utiliza algoritmos y funcionalidades de clustering basados en la fuerza de las asociaciones entre términos permitiendo el análisis de la literatura para agrupar términos en clusters. Según Van Eck y Waltman (2011), con esta metodología se analiza la distancia entre los términos seleccionados, y cuanto menor es la distancia entre dos términos, más fuerte es la relación entre ellos. En el mapa, los colores representan los grupos de áreas temáticas, y los términos con el mismo color son parte del mismo grupo y, por lo tanto, están más fuertemente relacionados entre sí, comparativamente con términos que tienen un color diferente. En el análisis se seleccionó el método de conteo binario, que permite verificar si el término está presente o ausente en cada documento analizado.

### 3. RESULTADOS

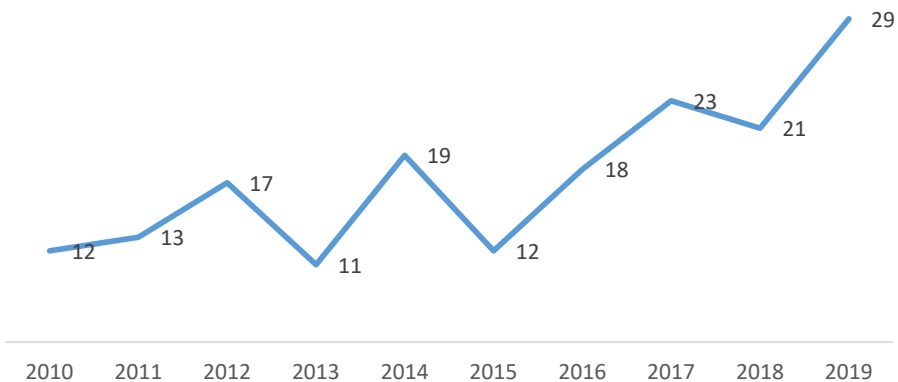
Los resultados se presentan en dos subsecciones. Inicialmente se presentan los resultados del análisis descriptivo, a saber, la evolución de los artículos publicados entre 2010 y 2019, Top-10 de las fuentes con más publicaciones, Top-10 de las instituciones con más publicaciones, publicaciones por país, subáreas con publicaciones en tecnologías de punta utilizadas en agricultura, tipo de publicaciones e índice h de la literatura sobre tecnologías de punta utilizadas en agricultura (h-21). Posteriormente, se presenta el mapa de co-ocurrencia de términos para publicaciones sobre el uso de tecnologías de punta en agricultura en la base de datos Scopus.

#### 3.1. Análisis descriptivo

Como ya se mencionó, se seleccionaron 178 publicaciones sobre las tecnologías de punta utilizadas en Agricultura. Se puede observar, a través de la Figura 1, una tendencia de crecimiento poco acentuada en el número de artículos publicados entre 2010 y 2012. El año 2019 registró el mayor número de publicaciones (29). En el período de 2010 a 2019, la tasa de crecimiento promedio fue del 16,3%. En el año 2020, no presentado en la Figura 1, solo hubo 3 publicaciones, ya que la búsqueda se realizó el 30 de enero.

*Figura 1*

EVOLUCIÓN DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN EL PERIODO 2010-2019



La literatura sobre tecnologías de punta en agricultura se concentra en revistas de Agricultura y Extensión, siendo “Soil and Tillage Research” (4 artículos) la fuente que registró más artículos publicados, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

TOP 10 DE LAS FUENTES CON MÁS PUBLICACIONES

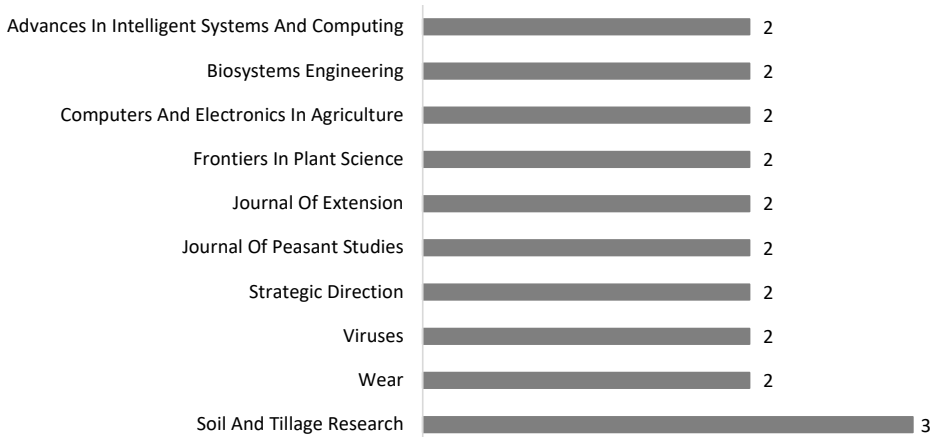
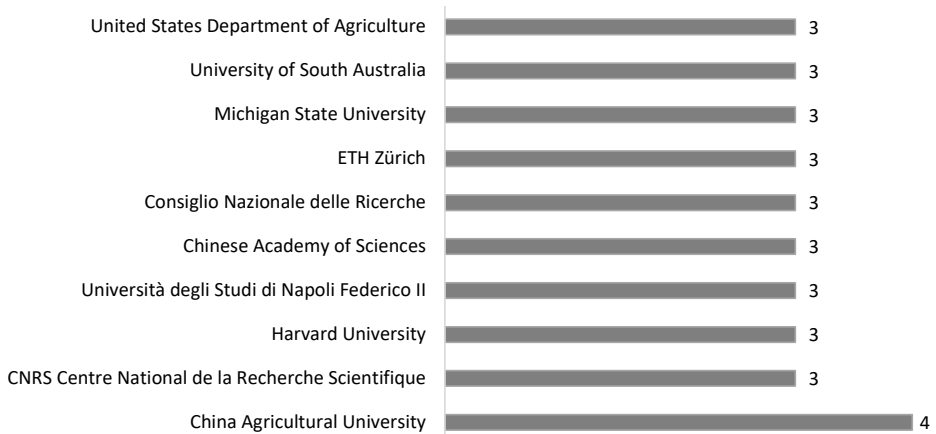


Figura 3

TOP 10 DE LAS INSTITUCIONES CON MÁS PUBLICACIONES.

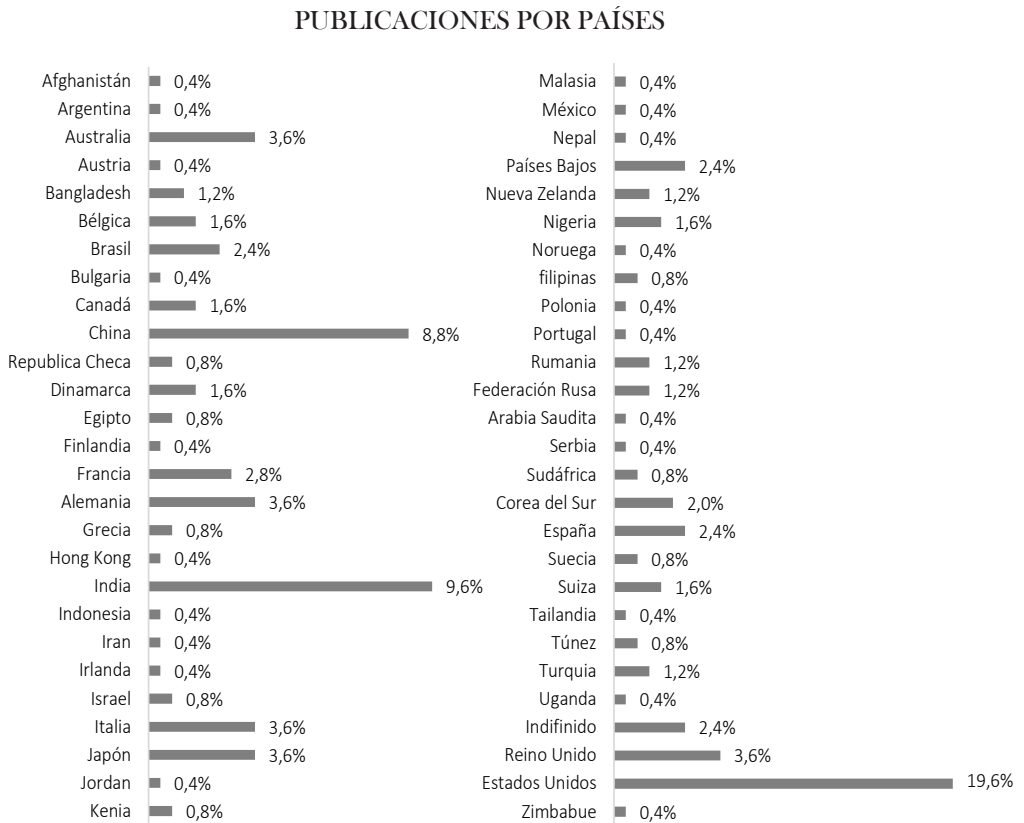


A nivel institucional, las publicaciones están muy dispersas, con “China Agricultural University”, ubicada en Beijing, en la República de China,

especializada en Agricultura, Biología, Ingeniería, Medicina Veterinaria, Economía, Administración, Humanidades y Ciencias Sociales. Es la institución que ocupa el primer lugar en el Top-10 con mayor número de publicaciones (4), como se muestra en la Figura 3.

En la Figura 4 se puede observar que Estados Unidos (19,6%) es el país con más publicaciones sobre tecnologías de punta utilizadas en agricultura en la base de datos Scopus. Le siguen India (9,6%), China (8,8%), entre otros.

Figura 4



Las tres subáreas con mayor representatividad son “Ciencias Agrícolas y Biológicas” con 18,2%, correspondiente a 64 publicaciones, seguidas de “Ingeniería” y “Ciencias Ambientales” con 12,8% y 9,1%, respectivamente (Figura 5).

Figura 5

**SUB-ÁREAS CON PUBLICACIONES SOBRE TECNOLOGÍAS PUNTA USADAS EN LA AGRICULTURA**

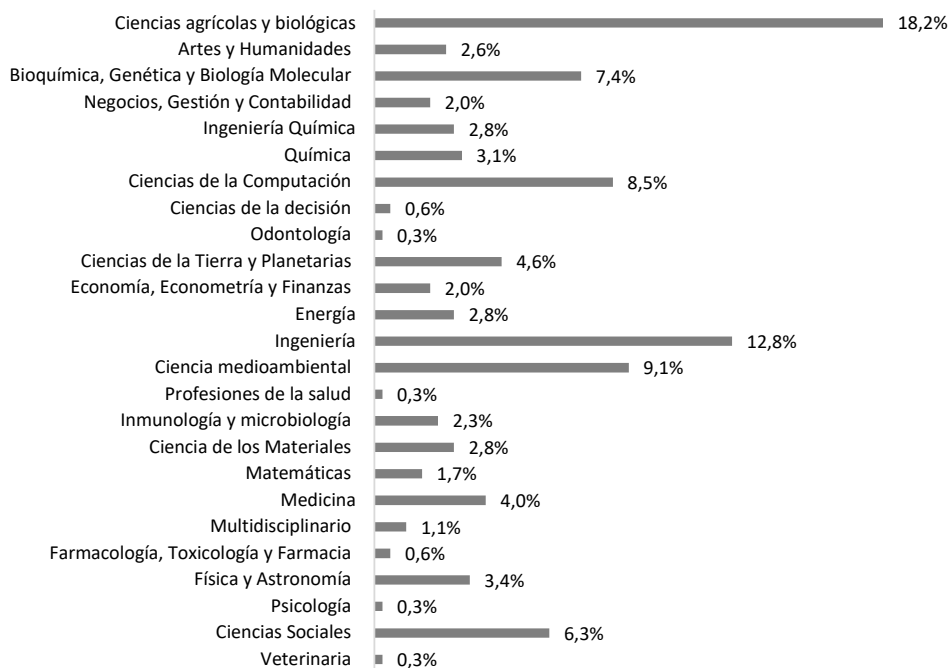
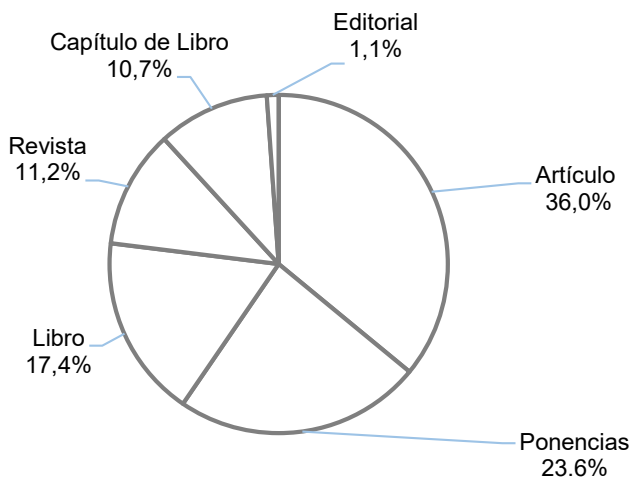


Figura 6

**TIPO DE PUBLICACIONES**



Como se muestra en la Figura 6, el 36,0% de las publicaciones fueron artículos publicados en revistas de 178 publicaciones. Las ponencias y los libros registraron porcentajes de 23,6 y 17,4, respectivamente.

En la Tabla 1 se muestran los estudios incluidos en el índice h, es decir, el número de publicaciones de un determinado autor con al menos el mismo número de citas (Costas & Bordons, 2007), totalizando 21 publicaciones. El índice de Hirsch, o índice h, como se lo conoce comúnmente, cuantifica la producción científica de un investigador y mide, en conjunto, la productividad y el impacto académico de cada investigador. Este método de cálculo de la productividad científica de un investigador ha sido generalmente aceptado sustituyendo por otros métodos, a saber, el número total de publicaciones, el número total de citas o citas por artículo. En esta investigación, la publicación más citada, titulada “Meteorología agrícola y forestal”, desarrollada por Rosenzweigab, Jonesc, Hatfieldd *et al.* (2013), registró 405 citas y consiste en la descripción y puesta en funcionamiento de un proyecto piloto que vincula las comunidades de modelos climáticos, agrícolas y económicos con las últimas tecnologías de la información con el fin de producir modelos económicos y agrícolas mejorados que permitan hacer proyecciones del impacto de la climatología tanto en el sector agrícola como en las generaciones futuras (Tabla 1).

Por otro lado, las publicaciones conceptuales son principalmente estudios de revisión, en los que los autores proponen el desarrollo de modelos, estructuras y / o estrategias con el fin de maximizar la productividad y eficiencia del uso de los recursos y minimizar el impacto ambiental utilizando tecnologías de punta en agricultura. Como se muestra en la Tabla 1, teniendo en cuenta la metodología utilizada en las publicaciones del índice h, de las 21 publicaciones, 10 fueron estudios conceptuales. El estudio conceptual más citado (146 citas), desarrollado por Lamberth, Jeanmart, Luksch y Plant (2013), se refiere al uso de agroquímicos que permiten reducir costos e impacto ambiental, y aumentar la seguridad de las personas.

Tabla 1

**ÍNDICE H DE LA LITERATURA SOBRE TECNOLOGÍAS DE PUNTA  
UTILIZADAS EN AGRICULTURA (H-21)**

| <b>Autores</b>                  | <b>Métodos</b> | <b>Contribuciones</b>  | <b>Citas</b> |
|---------------------------------|----------------|--|--------------|
| Rosenzweig <i>et al.</i> (2013) | Experimental   | Presenta el AgMIP (Proyecto de mejora e intercomparación de modelos agrícolas). Demuestra enfoques AgMIP utilizando modelos de análisis climático, producción agrícola y económica. Los resultados del estudio piloto del trigo revelaron incertidumbres en el modelado de la producción agrícola y en el modelado climático. Describe las actividades de investigación de AgMIP relacionadas con producciones agrícolas específicas, a nivel regional y global.   | 405          |
| Lamberth <i>et al.</i> (2013)   | Conceptual     | Describe la síntesis de agroquímicos que ayudan a enfrentar los desafíos actuales, a saber, la resistencia a malezas y plagas. Estos agroquímicos permiten mayores márgenes de seguridad, son ambientalmente benignos, tienen bajas tasas de uso y costos reducidos.   | 146          |
| Marx <i>et al.</i> (2016)       | Experimental   | Desarrollo de dispositivos biomiméticos microfluídicos que imitan la biología de los tejidos humanos, los órganos y la circulación in vitro utilizados para desarrollar nuevos fármacos, en Agricultura, Ecosistemas y Cosméticos.   | 109          |
| Scholz <i>et al.</i> (2013)     | Experimental   | Diseño y desarrollo de tecnología y procesos para el uso sostenible del fósforo.   | 93           |
| Walter <i>et al.</i> (2012).    | Conceptual     | Destaca los logros recientes en el uso de herramientas y plataformas de fenotipado. Algunas de estas herramientas se utilizaron originalmente en la teledetección, otras en la agricultura de precisión, mientras que otras consisten en procedimientos de imágenes de laboratorio. Los avances en las herramientas de reproducción molecular de vanguardia comienzan a ir acompañados de avances en los métodos automatizados de obtención de imágenes no destructivas. La aplicación conjunta de máquinas de fenotipado precisas y herramientas moleculares en esquemas optimizados mejorará la creación de forraje y turba en un futuro próximo y contribuirá así a una mejor gestión de los agroecosistemas de pastos. | 81           |
| Li (2011)                       | Conceptual     | Describe y proporciona información sobre reacciones químicas heterocíclicas nuevas y / o expandidas, ampliamente adoptadas en todas las áreas de síntesis orgánica, desde Medicina, Farmacia hasta Agricultura. También proporciona información sobre las herramientas necesarias para sintetizar moléculas nuevas y útiles.   | 58           |
| Zhao <i>et al.</i> (2012)       | Experimental   | Describe avances en la última tecnología y en los procesos que permiten el uso de residuos agrícolas para la producción de etanol en China. Aborda la integración y optimización de procesos en un estudio piloto desarrollado en COFCO Corporation.   | 43           |

Tabla 1 (Continuación)

ÍNDICE H DE LA LITERATURA SOBRE TECNOLOGÍAS DE PUNTA UTILIZADAS EN AGRICULTURA (H-21)

| Autores                          | Métodos      | Contribuciones  | Citas |
|----------------------------------|--------------|---|-------|
| Honka-vaara <i>et al.</i> (2012) | Experimental | Estudia el uso, en agricultura de precisión, de un nuevo tipo de sistema de imágenes de vehículos aéreos no tripulados (UAV) 3D de bajo peso.   | 43    |
| Kuhlgert <i>et al.</i> (2016)    | Experimental | Desarrolla un instrumento científico de código abierto sofisticado y de bajo costo diseñado para permitir que las comunidades de investigadores, fitomejoradores, educadores, agricultores y científicos recopilen datos de campo de alta calidad a gran escala (MultispeQ). Proporciona mediciones de campo o de laboratorio de las condiciones ambientales (intensidad y calidad de la luz, temperatura, humedad, niveles de CO <sub>2</sub> , tiempo y ubicación) y fenotipos de plantas útiles, incluidos los parámetros fotosintéticos: rendimiento cuántico del fotosistema II, no extinción por excitones, fotoquímica, fotoinhibición del fotosistema. II, translocación de protones desencadenada por la luz y la fuerza impulsora de los protones tilacoides, la regulación del cloroplasto de ATP sintasa y potencialmente muchos otros, y la clorofila de las hojas y otros pigmentos. Los datos del fenotipo de la planta se transmiten desde MultispeQ a dispositivos móviles, computadoras portátiles o de escritorio, junto con los metadatos principales guardados en la plataforma PhotosynQ. | 42    |
| Yang <i>et al.</i> (2015)        | Conceptual   | Analiza el mejoramiento asistido por marcadores moleculares desde una perspectiva histórica, describe la ruta de secuenciación de cultivos para el mejoramiento y destaca cómo la secuenciación facilita la aplicación de marcadores en la práctica de mejoramiento.  | 42    |
| Bentaher <i>et al.</i> (2013)    | Experimental | Reporta el modelado numérico de la preparación del suelo. Se utilizó el método de elementos finitos (FEM) para modelar el proceso de corte del suelo utilizando una vertedera. La geometría de la superficie de la vertedera se midió con un banco de sondas 3D, también llamado máquina de medición de coordenadas, y estos datos se utilizaron para construir el software de diseño SolidWorks. Se utilizó un modelo constitutivo elastoplástico para el suelo. La superficie generada del arado se importó al software Abaqus como un cuerpo rígido discreto con un punto de referencia al final de la vertedera. En este punto, se calculó la fuerza de reacción en las tres componentes ortogonales. Se estudió el impacto del ángulo de corte (ángulo entre la generatriz horizontal y la dirección de preparación del suelo) y el ángulo de elevación (ángulo entre la superficie de la cuchilla y la línea horizontal en una sección ortogonal al filo de corte) sobre la fuerza de tracción.   | 42    |

Tabla 1 (Continuación)

**ÍNDICE H DE LA LITERATURA SOBRE TECNOLOGÍAS DE PUNTA  
UTILIZADAS EN AGRICULTURA (H-21)**

| Autores                       | Métodos      | Contribuciones  | Citas |
|-------------------------------|--------------|---|-------|
| Song <i>et al.</i> (2010)     | Conceptual   | Describe las investigaciones realizadas, la tecnología de punta utilizada e informa sobre los avances y la innovación para la obtención de nuevos agentes antivirales, favorables al medio ambiente, para las plantas. Describen sistemáticamente la teoría básica, nuevas ideas y nuevos métodos para descubrir nuevos agentes antivirales, a través de la investigación, sobre la activación de la inmunidad vegetal.   | 39    |
| Joel <i>et al.</i> (2013)     | Conceptual   | Describe importantes avances recientes en los mecanismos de lucha contra el parasitismo en <i>Orobanchaceae</i> y en el control de malezas en <i>Striga</i> y <i>Orobanche</i> .  | 38    |
| Wang <i>et al.</i> (2017)     | Experimental | Desarrolla un modelo de cinética química para un reactor de arco deslizante de potencia pulsada que opera a presión atmosférica para la síntesis de óxido de nitrógeno.   | 37    |
| Yan & Hino (2016)             | Experimental | Presenta una descripción general de las perspectivas actuales y futuras de una producción eficaz de hidrógeno a través de la energía nuclear. Combinando información de análisis académico, datos industriales, referencias y otros recursos, los autores se dan cuenta del potencial del hidrógeno como portador de energía sostenible (por ejemplo, combustible para vehículos y generadores de energía) y como materia prima para la industria (agricultura, petróleo, productos químicos y acero, etc.).  | 35    |
| Holdaway <i>et al.</i> (2010) | Conceptual   | Describe dos estudios de caso de diferentes regiones geográficas y tradiciones culturales, en los que la falta de previsibilidad de los recursos crea un conjunto de problemas que las dos sociedades tuvieron que superar. En Nueva Gales del Sur, los aborígenes australianos no desarrollaron la agricultura, pero explotaron actividades generalmente consideradas parte del proceso de domesticación. En el caso de la región de Fayum en Egipto, las especies domesticadas (7000 aC) se introdujeron como un componente clave de la economía de subsistencia. | 32    |
| Müller (2011)                 | Experimental | Sostiene que, en el sector agrícola, se utiliza preferentemente el método manual de preparación de superficies para unir dos superficies debido a la falta de disponibilidad de áreas conectadas. Esto evita el uso de herramientas mecánicas eléctricas.   | 28    |
| Karian & Dudewicz (2016)      | Conceptual   | Aborda la metodología de distribución lambda generalizada (GLD). Describe adiciones recientes a los métodos GLD. Adopta un nuevo enfoque para evaluar la calidad del ajuste. Explora las aplicaciones de esta metodología, del mundo real, incluida la agricultura.   | 27    |

Tabla 1 (Continuación)

ÍNDICE H DE LA LITERATURA SOBRE TECNOLOGÍAS DE PUNTA UTILIZADAS EN AGRICULTURA (H-21)

| Autores                        | Métodos      | Contribuciones  | Citas |
|--------------------------------|--------------|---|-------|
| Fairbairn <i>et al.</i> (2014) | Conceptual   | Debate y discute la transición agraria, el acceso a recursos y medios de vida rurales, los desafíos de desarrollar nuevas fuentes y lugares de producción de medios de vida.  | 26    |
| Gershwin & Shoenfeld (2011)    | Conceptual   | El trabajo dedicado a la autoinmúnóloga Chella David, incluye trabajos en varias disciplinas de inmunología, pero especialmente trabajos enfocados en aplicaciones de vanguardia que mejorarán la terapia clínica y que pueden servir a otras áreas de aplicación, como la agricultura. | 26    |
| Ucgul <i>et al.</i> (2015)     | Experimental | Define el efecto de la geometría del borde de la herramienta de labranza de barrido sobre las fuerzas de labranza mediante el modelado de elementos discretos en 3D en las herramientas utilizadas en la preparación del suelo.   | 23    |

### 3.2. Análisis de áreas temáticas

Teniendo en cuenta el análisis de las áreas temáticas y utilizando el software VOSviewer y la técnica de co-ocurrencia de términos, se identificaron 6326 términos, de los cuales solo 86 tenían un mínimo de 10 ocurrencias, el valor mínimo definido por el software. De estos, el software determinó el 60% de los términos más relevantes, representando 52 términos. Finalmente, se excluyeron los términos irrelevantes (por ejemplo: capítulo de libro, libro, interés, artículo, comparación, capítulo, estudiante, contexto, investigador, estudio de caso y estudio), lo que dio como resultado un total de 39 términos distribuidos en cuatro grupos.

El primer grupo (color rojo, Figura 7) con quince términos, a saber, India, país, número, eficiencia, investigación de borde, demanda, cambio, impacto, futuro, cultivo, calidad, recurso, persona, rango amplio y cambio climático, enfatiza la preocupación por el impacto de los cambios ambientales en cultivos e individuos, el desarrollo de modelos económicos y agrícolas mejorados, y la elaboración de pronósticos del impacto climático en la agricultura.

El segundo grupo (color verde, Figura 7) con catorce términos, a saber, evolución, progreso, control, tecnología de punta, tiempo, importancia, trabajo, término, beneficio, datos, orden, parte, problema y cosa, se



Scopus en la última década. De hecho, en el período de 2010 a 2019, la tasa de crecimiento promedia fue del 16,3%. De las 178 publicaciones seleccionadas bajo esta temática, la mayoría fueron publicadas en los últimos cinco años (106).

La mayoría de las publicaciones sobre tecnologías de vanguardia en agricultura en la base de datos Scopus eran artículos y ponencias de congresos publicados en revistas y ponencias sobre agricultura y extensión. A nivel institucional, las publicaciones estaban muy dispersas. Sin embargo, la “China Agricultural University” ubicada en Beijing lidera el Top-10 de las universidades con más publicaciones. A nivel nacional, Estados Unidos es el país con más publicaciones sobre tecnologías de punta utilizadas en agricultura en la base de datos Scopus. Le siguen India, China, entre otros. Romanelli, Fujimoto, Ferreira y Milanez (2018) encontraron resultados similares en un análisis bibliométrico sobre restauración ecológica. Las tres subáreas con mayor representatividad fueron “Ciencias Agrícolas y Biológicas”, “Ingeniería” y “Ciencias Ambientales”.

El índice H de la literatura sobre tecnologías de punta en agricultura en la base de datos Scopus (h-21) reveló que 11 artículos eran investigaciones experimentales y 10 estudios conceptuales. La publicación más citada de este índice, con 405 citas, fue una investigación experimental con el título “Meteorología agrícola y forestal” desarrollada por Rosenzweigab, Jonesc, Hatfieldd et al. (2013). Este artículo describe un proyecto piloto en el que se desarrollaron modelos económicos y agrícolas mejorados para pronosticar el impacto climático en el sector agrícola y las generaciones futuras. Por otro lado, el estudio conceptual más citado, con 146 citas, fue desarrollado por Lamberth, Jeanmart, Luksch y Plant (2013). Este artículo se refiere al uso de agroquímicos que permitan reducir costos e impacto ambiental, y aumentar la seguridad de las personas.

En la presente investigación, todas las áreas temáticas de investigación encontradas, a saber: Impacto del cambio climático en la agricultura; Internet de las cosas; Producción de bioenergía; y Biotecnologías sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, son estimulantes y prometedoras. De hecho, la investigación en estas áreas temáticas intenta

responder a los múltiples desafíos del sector agrícola y alimentario, a saber, el crecimiento de la población mundial impulsará la demanda de alimentos, la disponibilidad de recursos naturales como el agua dulce y la tierra cultivable productiva se está volviendo cada vez más limitada (Trendov, Varas & Zeng, 2019).

Para responder a estos desafíos, Xie, Yu, Chen, Feng, Lyu, Hu, Gan y Siddique (2018) defienden un sistema agrícola innovador que aumenta la eficiencia en el uso de energía y agua en un contexto específico, en un artículo de revisión. Sugieren que las políticas para el desarrollo sostenible deben basarse en el equilibrio entre la exploración y la protección, el desarrollo de medidas sistemáticas para el uso y ahorro de agua, el fortalecimiento de la innovación en agrotecnología, la regulación de la cadena alimentaria, la formación de agricultores profesionales y el establecimiento de un sistema de servicios sociales sólido.

Sin embargo, merece especial atención el eje temático que incluía la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación en máquinas y equipos, así como la incorporación de sensores en los sistemas de producción agrícola, permitiendo su automatización (Rehman, Jingdong, Khatoon & Hussain, 2016; Pivoto, Waquil, Talamini, Finocchio, Corte & Mores, 2018). De hecho, la combinación de tecnologías de Internet y tecnologías orientadas al futuro parece ser el área de investigación más reciente y prometedora debido a los enormes desafíos que presentará, en un futuro próximo, así como a los buenos resultados ya demostrados, en un reciente pasado (Kapur, 2018). Esta será el área temática de mayor interés, digna de un gran compromiso por parte de investigadores, unidades de investigación, responsables políticos y todos aquellos que trabajan y viven en el sector agrario. Será un esfuerzo conjunto que conducirá al desarrollo de una agricultura sostenible, de calidad y más eficiente con un mínimo de residuos. Para Trendov, Varas & Zeng (2019), una “revolución agrícola digital” puede ser el cambio más reciente que podría ayudar a garantizar que la agricultura satisfaga las necesidades de la población mundial en el futuro. De hecho, para Fielke, Taylor y Jakku (2020), se considera que la digitalización tiene el potencial de proporcionar ganancias de productividad y sostenibilidad para el sector agrícola.

## 5. CONCLUSIÓN

El uso de tecnologías de punta en cualquier sector de actividad, es un tema que ha originado un número creciente de publicaciones, especialmente en los últimos años.

Por tanto, este estudio tuvo como objetivo identificar las principales áreas temáticas de investigación en el campo de las tecnologías de punta utilizadas en el sector agrícola. En este contexto, la base de datos Scopus se utilizó como fuente de datos, y el software VOSviewer, versión 1.6.14, se utilizó para implementar la técnica bibliométrica co-ocurrencia de términos con el fin de agrupar la literatura en grupos. Se identificaron cuatro grupos, a saber: 1) Impacto del cambio climático en la agricultura; 2) Internet de las cosas; 3) Producción de bioenergía y 4) Biotecnologías sostenibles y amigables con el medio ambiente.

El primer cluster enfatiza la preocupación por el impacto de los cambios ambientales en cultivos e individuos, y desarrolla mejoras económicas y modelos agrícolas, pronosticando el impacto climático en el sector agrícola.

El segundo cluster se ocupa de la Internet de las Cosas que asocia Internet a la agricultura, destacando los ahorros tanto en costos como en tiempo que Internet de las Cosas aporta a la agricultura.

El tercer cluster describe y divulga métodos de producción de energía, algunos basados sobre residuos agrícolas, que pueden ser buenas alternativas al petróleo. Finalmente, el cuarto cluster destaca el papel de la ciencia en el desarrollo de biotecnologías que pueden proporcionar un desarrollo sostenible de la agricultura con impacto reducido en el medio ambiente.

Esta investigación se limitó a la base de datos Scopus, con otras bases de datos, como Web of Science, igualmente importantes en términos de alcance, es decir, número de publicaciones, áreas científicas incluidas, editores y documentos varios; frecuencia de uso debido a sus características y facilidad de uso; y, actualización. Además, el análisis bibliométrico se limitó al período de tiempo desde 2010 hasta el 30 de enero de 2020. Aunque fue en los últimos años cuando la mayoría de las publicaciones fue publicada, esta investigación puede haber omitido literatura relevante que no estaba comprendida en el período analizado.

Dada la gran preocupación por el desarrollo de sistemas inteligentes y sostenibles en agricultura, la adopción de tecnologías para sistemas agrícolas y otras prácticas agrícolas es un proceso desafiante y sólido para los agricultores, los servicios de extensión, empresas agrícolas y responsables políticos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FCT, Portugal) por el apoyo financiero de los fondos nacionales FCT/MCTES a CIMO (UIDB/00690/2020).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABDULLAHI, H.; MAHIEDDINE, F.; SHERIFF, R. (2015). Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles. En: Pillai, P.; Hu, Y.; Otung, I.; Giambene, G. (eds). *Wireless and Satellite Systems*. Cham: Springer. p. 388-400.
- BALAMURUGAN, S., DIVYABHARATHI, N.; JAYASHRUTHI, K.; BOWIYA, M.; SHERMY, R.; SHANKER, G. (2016). Internet of Agriculture: Applying IoT to Improve Food and Farming Technology. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3 (10): p. 713-719.
- BENTAHER, H.; IBRAHMI, A.; HAMZA, E.; HBAIEB, M.; KANTCHEV, G.; MAALEJ, A.; ARNOLD, W. (2013). Finite element simulation of moldboard-soil interaction, *Soil and Tillage Research*, 134: p. 11-16.
- BRAGA, R.; PINTO, P. (2011). Agricultura de precisão: adoção & principais obstáculos. *AGROTEC - Revista Técnico-Científica Agrícola*, 1: 84-89.
- COSTAS, R.; BORDONS, M. (2007). The h-index: advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level. *Journal of Informetrics*, 1: 193-203.
- ESFAHANI, L.; ASADIYEH, Z. (2009). The Role of Information and Communication Technology in Agriculture. *The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE2009)*, p. 3528 - 3531.
- FAIRBAIRN, M.; FOX, J.; ISAKSON, S.; LEVIAN, M.; PELUSO, N.; RAZAVI, S.; SCOONES, I.; SIVARAMAKRISHNAN, K. (2014). Introduction: New directions in agrarian political economy. *Journal of Peasant Studies*, 41 (5): p. 653-666.

- FIELKE, S.; TAYLOR, B.; JAKKU, E. (2020). Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*, 180: p. 102763.
- GERSHWIN, M.; SHOENFELD, Y. (2011). Chella David: A lifetime contribution in translational immunology. *Journal of Autoimmunity*, 37 (2): p. 59-62.
- HIRSCH, J. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *PNAS*, 102 (46): p. 16569-16572.
- HOLDAWAY, S.; WENDRICH, W.; PHILLIPPS, R. (2010). Identifying low-level food producers: Detecting mobility from lithics. *Antiquity*, 84 (323): p. 185-194.
- HONKAVAARA, E.; KAIVOSOJA, J.; MÄKYNEN, J.; PELLIKKA, I.; PESONEN, L.; SAARI, H.; SALO, H.; HAKALA, T.; MARKLELIN, L.; ROSNELL, T. (2012). Hyperspectral reflectance signatures and point clouds for precision agriculture by light weight UAV imaging system. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1: p. 353-358.
- JAIGANESH, S.; GUNASEELAN, K.; ELLAPPAN, V. (2017). IOT agriculture to improve food and farming technology. *Proc. IEE Conference on Emerging Devices and Smart Systems (ICEDSS 2017)*, p. 260-266.
- JOEL, D.; GRESSEL, J.; MUSSELMAN, L. (2013). *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic mechanisms and control strategies*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 513 p.
- KAPUR, R. (2018). Usage of Technology in the Agricultural Sector, *Acta Scientific Agriculture*. 2 (6): p. 78-84.
- KARIAN, Z.; DUDEWICZ, E. (2016). *Handbook of fitting statistical distributions with R*. Boca Raton: CRC Press, 1672 p.
- KUHLGERT, S.; AUSTIC, G.; ZEGARAC, R.; (...), Weebadde, P.; Kramer, D. (2016). MultispeQ Beta: A tool for large-scale plant phenotyping connected to the open photosynQ network. *Royal Society Open Science*, 3 (10):160592.
- LAMBERTH, C., JEANMART, S.; LUKSCH, T., PLANT, A. (2013). Current Challenges and Trends in the Discovery of Agrochemicals. *Science*, 341 (6147): p. 742- 746.
- LI, J. (2011). *Name Reactions in Heterocyclic Chemistry II*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 704 p.
- MAROCO, J. (2018). *Análise Estatística com o SPSS statistics*. Pero Pinheiro: RportNumber, 1013 p.

- MARX, U.; ANDERSSON, T.; BAHINSKI, A.; BEILMANN, M.; BEKEN, S.; CASSEE, F.; CIRIT, M.; DANESHIAN, M.; FITZPATRICK, S.; FREY, O.; GAERTNER, C.; GIESE, C.; GRIFFITH, L.; HARTUNG, T.; HERINGA, M.; HOENG, J.; DE JONG, W.; KOJIMA, H.; KUEHNL, J.; LEIST, M.; LUCH, A.; MASCHMEYER, I.; SAKHAROV, D.; SIPS, A.; STEGER-HARTMANN, T.; TAGLE, D.; TONEVITSKY, A.; TRALAU, T.; TSYB, S.; VAN DE STOLPE, A.; VANDEBRIEL, R.; VULTO, P.; WANG, J.; WIEST, J.; RODENBURG, M.; ROTH, A. (2016). Biology inspired microphysiological system approaches to solve the prediction dilemma of substance testing. *Altex*, 33 (3): p. 272-321.
- MÜLLER, M. (2011). Influence of surface integrity on bonding process. *Research in Agricultural Engineering*, 57(4): p. 153-162.
- PESTANA, M.; GAGEIRO, J. (2014). Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS. Lisboa: Sílabo, 1240 p.
- PIVOTO, D.; WAQUIL, P.; TALAMINI, E.; FINOCCHIO, C.; CORTE, V.; MORES, G. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, 5 (1): 21-32.
- REHMAN, A.; JINGDONG, L.; KHATOON, R.; HUSSAIN, I. (2016). Modern Agricultural Technology Adoption its Importance, Role and Usage for the Improvement of Agriculture. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 16 (2): 284-288.
- ROMANELLI, J.; FUJIMOTO, J.; FERREIRA, M.; MILANEZ, D. (2018). Assessing ecological restoration as a research topic using bibliometric indicators. *Ecological Engineering*, 120: p. 311-320.
- ROSENZWEIG, C.; JONES, J.W.; HATFIELD, J.; RUANE, A.; THORNBURN, K.; ANTLE, J.; NELSON, G.; PORTER, C.; JANSSEN, S.; BASSO, B.; EWERT, F.; WALLACH, D.; BAIGORRIA, G.; WINTER, J. (2013). The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: p. 166-182.
- SCHOLZ, R.; ULRICH, A.; ELITTÄ, M.; ROY, A. (2013). Sustainable use of phosphorus: A finite resource. *Science of the Total Environment*, 461-462: p. 799-803.
- SONG, B.; YANG, S.; JIN, L.; BHADURY, P. (2010). Environment-friendly antiviral agents for plants. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 305 p.
- TRENDOV, N.; VARAS, S.; ZENG, M. (2019). Digital technologies in agriculture and rural areas: briefing paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- UGGUL, M.; FIELKE, J.; SAUNDERS, C. (2015). Defining the effect of sweep tillage tool cutting edge geometry on tillage forces using 3D discrete element modelling. *Information Processing in Agriculture*, 2 (2), p. 130-141.
- UNITED NATIONS (2014). *Technologies for Adaptation in the Water Sector. Framework Conventions on Climate Change*, Technology Executive Committee, Bonn, Germany: United Nations.
- VAN ALFEN, N. (2014). *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 464 p.
- VAN ECK, N.; WALTMAN, L. (2011). Text mining and visualization using VOSviewer. *ISSI Newsletter*, 7 (3): 238-260.
- WALTER, A.; STUDER, B.; KÖLLIKER, R. (2012). Advanced phenotyping offers opportunities for improved breeding of forage and turf species. *Annals of Botany*, 110 (6): p. 1271-1279.
- WANG, W.; PATIL, B.; HEIJKERS, S.; HESSEL, V.; BOGAERTS, A. (2017). Nitrogen Fixation by Gliding Arc Plasma: Better Insight by Chemical Kinetics Modelling. *ChemSusChem*, 10 (10): p. 2145-2157.
- YAN, X.; HINO, R. (2016). *Nuclear hydrogen production handbook*, Boca Raton: CRC Press, 878 p.
- YANG, H.; LI, C.; LAM, H.; CLEMENTS, J.; YAN, G.; ZHAO, S. (2015). Sequencing consolidates molecular markers with plant breeding practice. *Theoretical and Applied Genetics*, 128 (5): p. 779-795.
- XIE, J.; YU, J.; CHEN, B.; FENG, Z.; LYU, J.; HU, L.; GAN, Y.; SIDDIQUE, K. (2018). Gobi agriculture: an innovative farming system that increases energy and water use efficiencies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38: p. 62- 78.
- ZHAO, X.; ZI, L.; BAI, F.; LIN, H.; HAO, X.; YUE, G.; HO, N. (2012). Bioethanol from lignocellulosic biomass. *Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology*, 128: p. 25-51.

## RESUMEN

### Tecnología punta y agricultura: un análisis bibliométrico de la producción científica de la base de datos Scopus

Este trabajo presenta un análisis bibliométrico basado en 178 publicaciones de la base de datos Scopus en el campo de las tecnologías de punta utilizadas en la agricultura publicadas entre 2010 y 30 de enero de 2020. Este análisis se realizó utilizando el *software* VOSviewer, versión 1.6.14 y la técnica de co-ocurrencia de términos. Se identificaron cuatro *clusters*. El primero *cluster* enfatiza la preocupación por el impacto de los cambios ambientales en los cultivos y las personas, presenta modelos económicos y agrícolas mejorados, haciendo proyecciones del impacto climático para el sector agrícola. El segundo *cluster* trata de “Internet de las Cosas” que asocian Internet a la Agricultura, destacando los ahorros en costos y tiempo. El tercer *cluster* describe y divulga métodos de producción de energía, algunos basados en residuos agrícolas, que pueden ser buenas alternativas al petróleo. Finalmente, el cuarto *cluster* destaca el papel de la ciencia en el desarrollo de biotecnologías que pueden proporcionar un desarrollo sostenible de la agricultura.

**PALABRAS CLAVE:** Impacto climático, Internet de las cosas, Bioenergía, Biotecnología, Desarrollo sostenible, Agricultura.

**CLASIFICACIÓN JEL:** Q54, Q55, Q56

## ABSTRACT

### Cutting-edge technology and agriculture: a bibliometric analysis of the scientific production of the Scopus database

This paper presents a bibliometric analysis based on 178 publications of the Scopus database in the field of advanced technologies used in agriculture published between 2010 and January 30, 2020. This analysis was performed using VOSviewer software, version 1.6.14 and the co-occurrence of terms technique. Four clusters were identified. The first cluster emphasizes the impact of environmental changes on crops and people, presents improved economic and agricultural models, and makes projections of climate impact for the agricultural sector. The second cluster deals with “Internet of Things” that associate the Internet with Agriculture, highlighting the cost and time savings. The third cluster describes and disseminates methods of energy production, some based on agricultural residues, which may be good alternatives to oil. Finally, the fourth cluster highlights the role of science in the development of biotechnologies that can provide a sustainable development of the agriculture.

**KEYWORDS:** Climate impact, Internet of Things, Bioenergy, Biotechnology, Sustainable development, Agriculture.

**CODES JEL:** Q54, Q55, Q56