

# Perfil de las investigaciones en producción sostenible con enfoque en los procesos de la industria y agricultura

## Profile of research in sustainable production with a focus on industry and agriculture processes

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.15>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 10/06/2020. Fecha de Aceptación: 20/10/2020.

**Juan David Sepúlveda Chaverra** 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)  
juansepulveda@mail.uniatlantico.edu.co

**Brayan Darío Polo Gaviria** 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)  
bpologaviria@gmail.com

**Dayanna del Carmen Blanco Pico**

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)  
dayannablancopico@gmail.com

Para citar este artículo:

J. Sepúlveda Chaverra, B. Polo Gaviria & D. Blanco Pico, “Perfil de las investigaciones en producción sostenible con enfoque en los procesos de la industria y agricultura”, *INGE CUC*, vol. 18, no. 1, pp. 195–222, 2022. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.15>

### Resumen

**Introducción**— El uso excesivo de recursos naturales y su demanda por la creciente población han dado importancia a la sostenibilidad como principal estrategia para mitigar la escasez y evitar el agotamiento de los recursos naturales contribuyendo a disminuir el daño causado al medio ambiente y por ende las problemáticas sociales y económicas adyacentes. Por tal razón, se necesita un cambio en la forma como se produce y se consume.

**Objetivo**— Este estudio tiene como finalidad identificar tendencias, analizar patrones y establecer campos de acción en la revisión de la información que se ha generado hasta la actualidad de las investigaciones globales en torno a la Producción Sostenible (PS) con enfoque en los procesos vinculados con la industria y la agricultura, todo esto con la intención de identificar factores relevantes como tendencias, autores más notables, países con mayores aportes, entre otros aspectos.

**Metodología**— Para esto, se aplicó un proceso de análisis basado en los modelos de vigilancia tecnológica y ciencia-metría, el cual permitió, describir las características e identificar los patrones y tendencias del campo de investigación.

**Resultados**— Se encontró que los documentos publicados para el sector industrial son 2003 y para el sector agrícola son 2 149 hasta el 3 de diciembre de 2020, Estados Unidos es el mayor productor científico en las dos áreas, y el área temática con mayor producción en la industria es Ingeniería y en la agricultura son las ciencias agrícolas y biológicas.

**Conclusiones**— La agricultura presentó mayor producción científica, esto se debe a la preocupación de poder satisfacer la demanda de alimentos de la creciente población, reducir los agentes contaminantes generados en el proceso productivo para conservar la biodiversidad, garantizar los parámetros de seguridad alimentaria y sostenibilidad a la vez que se generen beneficios socioeconómicos para los agricultores.

**Palabras clave**— Recursos naturales; producción sostenible; industria; agricultura; vigilancia tecnológica y ciencia-metría

### Abstract

**Introduction**— The excessive use of natural resources and their demand for the growing population have given importance to sustainability as the main strategy to mitigate the shortage and avoid the depletion of natural resources, contributing to reduce the damage caused to the environment and so adjacent social and economic problems. For this reason, the way how it is produced and consumed need to be changed.

**Objective**— The purpose of this study is to identify trends, analyze patterns and establish fields of action in the review of the information that has been generated to date from global research on Sustainable Production (SP) with a focus on processes related to the industry and agriculture, all this with the intention of identifying relevant factors such as trends, most notable authors, countries with the greatest contributions, among other aspects.

**Methodology**— For this, an analysis process was applied based on the models of technological surveillance and scientometrics, which allowed to describe the characteristics and identify the patterns and trends of the research field.

**Results**— The documents published for the industrial sector are 2003 and for the agricultural sector are 2 149 until the 3rd of December 2020, it found that the United States is the largest producer of scientific research in both areas, and the thematic area with the highest production in the industry is Engineering and in the agriculture are the agricultural and biological sciences.

**Conclusions**— Agriculture presented greater scientific production, this is due to the concern of being able to satisfy the food demand of the growing population, reduce the contaminating agents generated in the production process to conserve biodiversity, ensure the parameters of food security and sustainability while it generate socio-economic benefits for farmers.

**Keywords**— Natural resources; sustainable production; industry; agriculture; technological surveillance and Scientometrics



## I. INTRODUCCIÓN

El incremento en el uso de los recursos naturales ha cambiado las dinámicas globales, buscando nuevos modelos que pretendan solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos actuales y venideros y en este contexto, la producción y el consumo se convierten en una condición esencial para alcanzar la sostenibilidad [1]. Es por esto por lo que el punto 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas se concentra en la producción y el consumo responsable buscando romper las relaciones negativas existentes entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental a través del aumento de la eficiencia en el uso de los recursos y la promoción de estilos de vida sostenibles [2].

Dada la importancia del tema en el contexto del desarrollo sostenible, es clave establecer de qué manera la investigación aporta elementos para el desarrollo del conocimiento teórico y práctico, así como las implicaciones de los procesos de generación, adaptación y transferencia de tecnología en torno al tema. Una búsqueda preliminar en Scopus llevada a cabo en diciembre de 2020 permitió identificar que de manera específica el objetivo 12 “consumo y producción responsables” no obtiene más de 160 resultados. Sin embargo, una exploración más detallada arrojó que en torno a la “producción sostenible” existían más de 6 000 resultados de los cuales el 96% se ha desarrollado a partir del año 2000, momento en el cual inician los ODS. De estos trabajos, cerca del 11% (772 artículos) contribuyen a revisiones sobre el tema, concentrándose principalmente en la exploración de estrategias y mecanismos de producción sostenible con un enfoque en productos, procesos o industrias puntuales, siendo escasos los análisis generales sobre el tema.

Como un paso previo a este trabajo se evaluaron las publicaciones a nivel general identificando un alto potencial de interés en torno a tres tendencias (agricultura, industria y energías renovables) [3]. En la agricultura, las problemáticas se dan tanto por su expansión como por su intensificación, siendo responsables del 30-35% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, en gran parte de la deforestación tropical y las emisiones de óxido nitroso de los suelos fertilizados [4]. A su vez, las industrias se enfrentan al gran reto de evolucionar en las consignas de reducir, reutilizar y reciclar por unas que vayan de principio a fin como rediseñar, renovar y regenerar [5]. Estas tendencias generales identificadas fueron el punto de partida para profundizar en el estudio de la producción científica en torno a agricultura e industria, campos en los cuales no se identificaron revisiones enfocadas más allá de aplicaciones puntuales para productos o procesos específicos; tomando en cuenta que en torno a energías renovables existen estudios de tendencias más detallados se excluyó este campo del estudio que se presenta.

Para responder a esta necesidad se realizó un análisis cuantitativo de la literatura científica alrededor de los dos temas encontrando que los documentos publicados para el sector industrial son 1 524 y para el sector agrícola son 1 684, Estados Unidos es el mayor productor científico en las dos áreas, y el área temática con mayor producción en la industria es Ingeniería y en la agricultura son las ciencias agrícolas y biológicas. Siendo estos resultados un punto de partida para la creación y el fortalecimiento de una línea de investigación que se concentre en temas puntuales y preocupaciones específicas sobre la producción sostenible en el contexto del territorio y sus intereses. De esta manera, con este trabajo se contribuye a la literatura relacionada con la producción sostenible en la identificación de temas, estructura investigativa, retos e identificación de líneas de investigación futuras a través de una revisión de literatura que se presenta de la siguiente manera: introducción, diseño metodológico y proceso de evaluación cuantitativo, resultados, discusión y conclusiones.

## II. METODOLOGÍA

La cuantimetría es definida como la medición de una disciplina del conocimiento la cual estudia la estructura y las propiedades de la información científica, así como su proceso de comunicación [6]. De modo que busca medir objetivamente el estado de la ciencia en el mundo. Para cumplir con este objetivo, la cuantimetría permite el estudio cuantitativo de la actividad científico-técnica como disciplina o como actividad económica, así también analiza las políticas de la ciencia desde una visión económica y social [7].

Para la construcción del perfil de las investigaciones en producción sostenible con énfasis en agricultura e industria se utilizó como referente la metodología propuesta por investigadores de Unimagdalena [8]. Esta investigación está compuesta por las fases mostradas en la Fig. 1.



Fig. 1. Fases metodológicas para el análisis de la producción científica.  
Fuente: Elaboración propia [8].

#### A. Definición de las variables de búsqueda

Para el desarrollo de la estrategia de búsqueda se tuvo en cuenta la determinación de la fuente a consultar y las ecuaciones de búsqueda utilizadas en la fuente seleccionada [8]. Se escogió Scopus como fuente principal, para el análisis cuantitativo, por ser la mayor base de datos de citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares: revistas científicas, libros y actas de conferencias [9]. Además de esto, se decidió tomar como fuentes secundarias dos bases de datos recogidas en el universo de Scopus como IEEE y Springer link. Con el fin de analizar de manera independiente el enfoque que se le da a las publicaciones en cada una de estas bases de datos.

Se procedió a la construcción de distintas ecuaciones de búsqueda para cada uno de los temas de interés (industria y agricultura), con el fin de obtener un resultado más refinado. El proceso de elaboración de la ecuación de búsqueda se encuentra resumido en la Fig. 2.

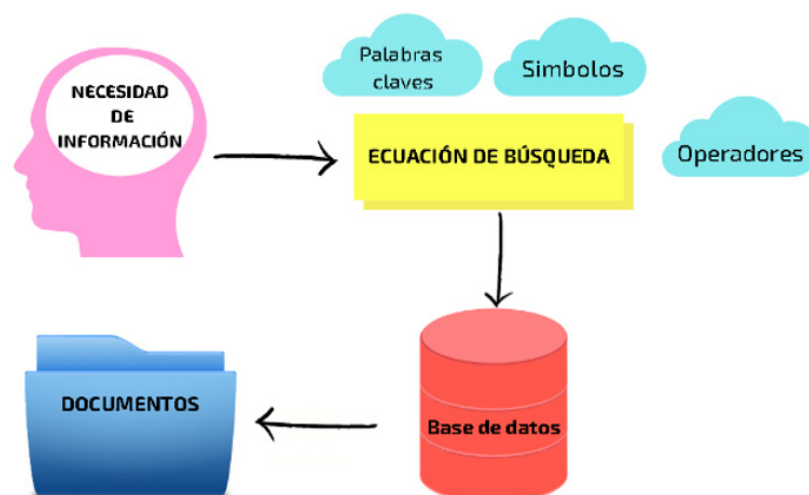


Fig. 2. Elaboración de la ecuación de búsqueda.  
Fuente: Elaboración propia con base en ecuaciones de búsqueda [10].

### 1) *Descarga, organización y procesamiento de la información*

Una vez obtenidos los resultados de la ecuación de búsqueda, se procedió a realizar una depuración y evaluación de la calidad de los datos con el propósito de mejorar la eficacia de los datos existentes y mitigar los efectos generados en los procesos de recopilación, almacenamiento y administración de la información.

Para la descarga de la información como primer paso se realizó la descarga de las gráficas provenientes de Scopus que se encuentran en *Analyze results* en formato PNG (imagen), luego se descargaron los archivos de textos en formato CSV Excel y por último se descargaron 60 publicaciones científicas de cada base de datos por cada temática en formato PDF.

Asimismo, se sometió la información recolectada a un proceso que consta de cuatro pasos, con el fin de obtener la información de forma más detallada, garantizar la calidad de los datos y para mayor comprensión. Estos pasos se pueden observar en la Fig. 3, mostrando como primera medida la eliminación de los datos repetidos o redundantes permitiendo crear un perfilado de datos, a partir de esto, se sometieron los datos a un proceso de limpieza, es decir, se revisaron y se estandarizaron los términos, nomenclaturas, abreviaturas o siglas. En tercer lugar, se reemplazaron datos erróneos por datos correctos y por último se realizó una relación de los datos para la fusión de duplicados. Esto se logró con la ayuda de las herramientas ofrecidas por Scopus y software de elaboración de mapas bibliométricos.

Adicionalmente, para la organización y procesamiento de los datos provenientes de los artículos descargados de las otras bases de datos diferentes a Scopus, se procedió a separar la información en carpetas según cada temática, con el fin de obtener un acceso fácilmente reconocible de cada artículo descargado.

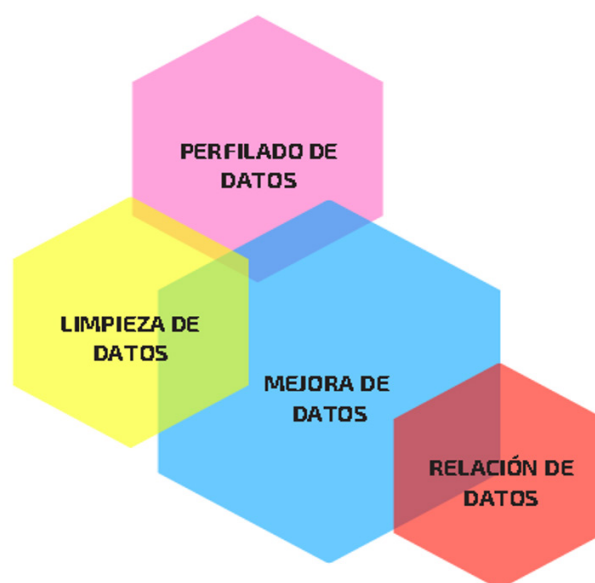


Fig. 3. Pasos para el procesamiento de datos.  
Fuente: Elaboración propia [8].

### B. *Definición de los indicadores bibliométricos*

La necesidad de medición de la producción científica se ha producido por factores como brindar una adecuada distribución de los recursos para el desarrollo de las investigaciones o para construir una política nacional o institucional para la ciencia. Esta medición se da por medio de indicadores bibliométricos, los cuales ayudan al estudio cuantitativo de la actividad científico-técnica [7].

Los indicadores bibliométricos se han posicionado como herramientas que aportan objetivamente en la consolidación y análisis de la información reportada en el ámbito académico [6]. Estos generan información importante sobre el proceso de investigación, volumen, evolución, visibilidad, estructura, actividad-producción, e influencia permitiendo a las instituciones unificar criterios para las decisiones técnico-administrativas [7]. De un modo general, los indicadores de producción establecen una conexión entre los agentes científicos y los correspondientes productos de la actividad que desarrollan, constituyéndose en medidas que sirven para caracterizar el comportamiento de estos agentes y del sistema del que forman parte [11].

En tal sentido, en la Fig. 4 se puede observar los indicadores usados en el presente estudio. Para realizar el análisis bibliométrico, este estudio se fundamentó en el análisis de resultados directamente de Scopus para los indicadores de frecuencia. Por otro lado, la construcción y visualización de mapas de redes bibliométricos se dio con la ayuda de softwares bibliométricos para examinar patrones y tendencias en vista de la utilidad de estos softwares y en su implementación en trabajos para el estudio de la estructura y dinamismo del campo científico siendo este la representación clara de la estructura de estudio [12]. Para los análisis realizados en este estudio se usó Scopus, Excel y VOSviewer para la construcción del perfil de investigación.



Fig. 4. Indicadores.  
Fuente: Elaboración propia [8].

### C. Cálculo de los indicadores bibliométricos

Para el cálculo de indicadores bibliométricos de frecuencia, se tomaron las herramientas ofrecidas por la base de datos de Scopus apoyándose en tablas y gráficos de datos, lo que permitió estudiar aspectos como actividad, productividad y progreso científico. Por otro lado, los indicadores de contingencia fueron calculados por medio de análisis de mapas de Vosviewer, este indicador ofrece nuevas oportunidades para la validación de estudios cuantitativos sobre la estructura y el desarrollo de la ciencia. De la misma manera, los indicadores de concurrencia al igual que los de contingencia fueron calculados con mapas de conocimiento VOSviewer apoyados en archivos de Microsoft Excel.

### D. Análisis de los resultados

Se realizó el análisis por área temática evaluada, es decir, producción sostenible en industria y producción sostenible en agricultura.

### E. Síntesis de los resultados

Se describen las características, se identifican los patrones y tendencias, y se muestra el enfoque de los avances y teorías presentado en el perfil de investigación. De tal manera se sintetizó los resultados asociando cada indicador o método utilizado para el análisis a cada capítulo. Además, a lo largo de todo el documento se hace distinción de la temática para la industria y para la agricultura.

## III. RESULTADOS

### A. Descripción de las características

Para describir las características se tomaron variables como el tamaño, crecimiento y distribución de los escritos científicos indexados en Scopus, En este capítulo se describen las características competentes al tema para industria y agricultura; la última fecha de consulta para este análisis fue el 3 de diciembre del año 2020. En la Fig. 5 se muestra el número de documentos publicados hasta esa fecha.



Fig. 5. Producción documental.  
Fuente: Elaboración propia.

### 1) *Industria*

El área de producción sostenible con respecto a la industria se buscó en la base de datos Scopus refinando los resultados acordes a aquellos que contuvieran en el título del artículo, resumen y palabras claves producción sostenible e industria, esta ecuación se puede observar en la [Tabla 1](#). Una vez desarrollada la ecuación de búsqueda para realizar el análisis se contempló todo el universo de publicaciones de Scopus, las cuales como se muestra en la [Fig. 5](#) fueron 2003.

Los artículos científicos son el principal medio de divulgación del conocimiento del tema investigado, ellos representan el 57% del total de las publicaciones de Scopus con los criterios de búsquedas utilizados.

TABLA 1.

PARÁMETROS DE BÚSQUEDA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE ENFOCADO EN LA INDUSTRIA.

Ecuación	( TITLE-ABS-KEY ( “sustainable production” ) AND TITLE-ABS-KEY ( industr* ) ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2021 ) )
Observaciones	Se observó en los resultados por año que el año con mayor volumen de publicaciones hasta la fecha es el 2020, con un total de 284 resultados, de los cuales 186 son artículos científicos, 58 revisiones, 28 documentos de sesión, 10 capítulos de libros, 1 revisión de conferencia y 1 editorial.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la [Fig. 6](#) se puede considerar que la producción de documentos a medida que incrementa el tiempo presenta una tendencia ascendente con algunas ligeras variaciones entre los años.

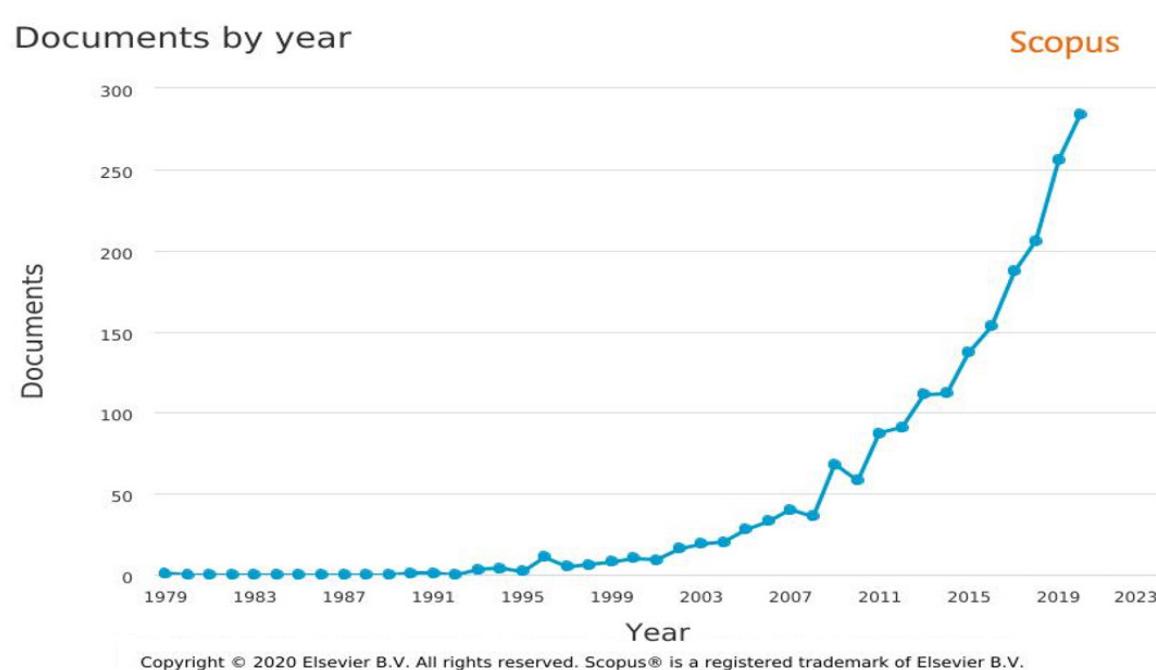


Fig. 6. Evolución de las publicaciones —industria.  
Fuente: Obtenido de Scopus.

En el año de 1979 se sitúa la primera publicación, esta se presenta con el título de “Markets for Alaskan oil” por los autores Hwa, Klema y Mancke, donde se refieren a la prohibición de exportación de petróleo a Alaska debido al riesgo ambiental que esto suponía [13].

En el rango de los años de 1980 a 1989 no se presentó ninguna publicación relacionada con el criterio de búsqueda, hasta el año 2002 donde este criterio de búsqueda comienza a tomar un ascenso en el volumen de los resultados.

En cuanto a la Fig. 7 se puede notar que la fuente “Journal of cleaner production” presenta el mayor número de resultados, estando incluso por encima de las demás fuentes, la cual arroja un total de 97 resultados en todo el periodo de tiempo, seguida de la fuente “acta horticulturae” con un total de 30 resultados, a pesar de que esta última fue la primera en hacer su aparición. Esto indica que el mayor número de publicaciones relacionadas con la búsqueda no se sale del tema central al que hace hincapié esta investigación, producción sostenible. Por otro lado, se puede apreciar que la fuente “Journal of manufacturing technology management” está dentro del criterio de búsqueda que hace referencia a industria, ocupando el tercer lugar con 19 resultados durante todo el periodo de tiempo.

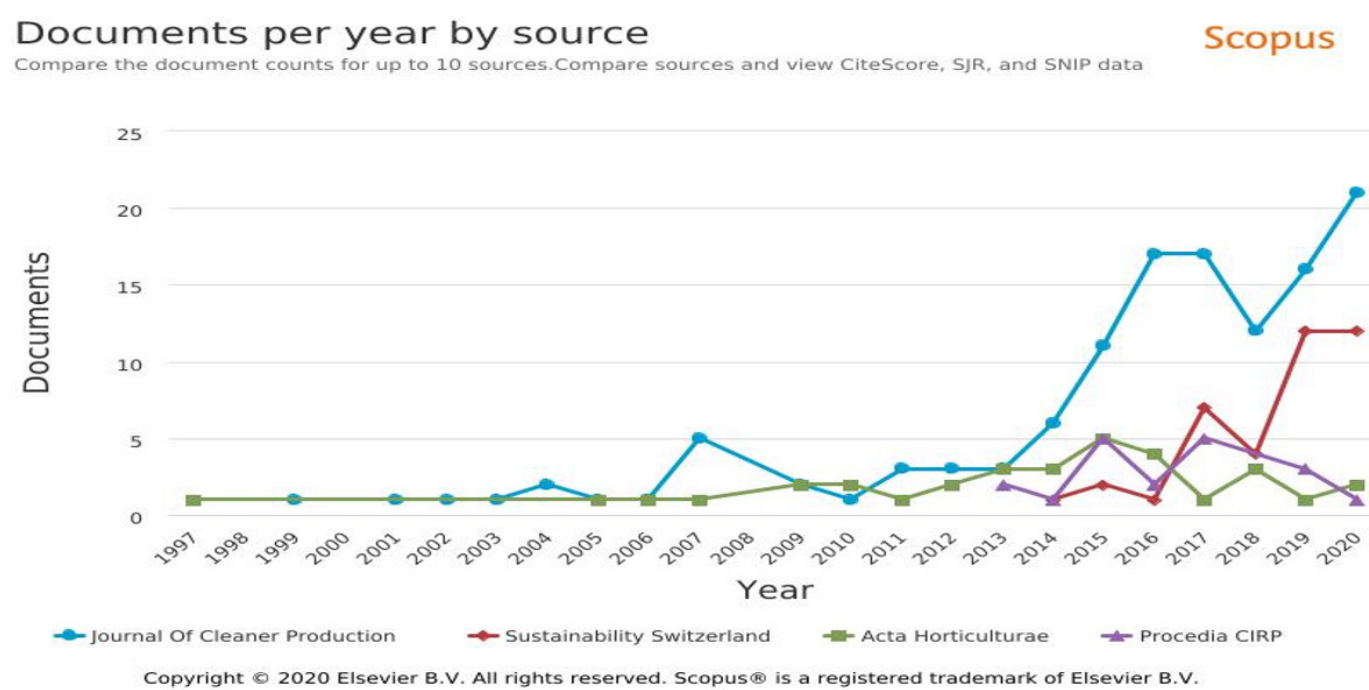


Fig. 7. Producción científica de las revistas por año —industria.  
Fuente: Obtenido de Scopus.

Por otro lado, en la Fig. 8 se muestra los 10 autores más destacados que han publicado trabajos referentes al criterio de búsqueda establecido. En primer lugar se encuentra Alkaya, E. con un total de 9 documentos publicados, de los cuales aparecen 2 publicaciones en el año de 2012, 1 en el año 2013, 2 en el año 2014 y 4 publicaciones en el 2015, su última publicación se presenta con el título “Water recycling and reuse in soft drink/beverage industry: A case study for sustainable industrial water management in Turkey” que hace referencia a la conservación del agua y las oportunidades de reutilización en una empresa fabricante de bebidas no alcohólicas [14].



Fig. 8. Autores con mayores publicaciones —industria.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

Asimismo, en el segundo lugar se presenta Demirer, G. N. también con 9 publicaciones, de las cuales la mayoría se registran en el año 2015, su último trabajo concuerda con el de Alkaya, E., lo que indica que estos dos autores trabajaron juntos en la misma temática. En la Fig. 9 se puede apreciar que la institución con mayor número de resultados es “Wageningen University and Research Centre” con 28 documentos publicados, la cual es una colaboración entre la Universidad de Wageningen y la fundación Wageningen Research, con más de 6 500 empleados y 12 000 estudiantes de más de cien países que trabajan en todo el mundo en el ámbito de la alimentación saludable y el entorno vital para los gobiernos y la comunidad empresarial en general, También se basa en los esfuerzos combinados de los diversos campos de las ciencias naturales y sociales, su misión Explorar el potencial de la naturaleza para mejorar la calidad de vida. Presenta 36 251 colaboraciones en el área de agricultura y ciencias biológicas, además de 3 167 colaboraciones en el área de la industria.

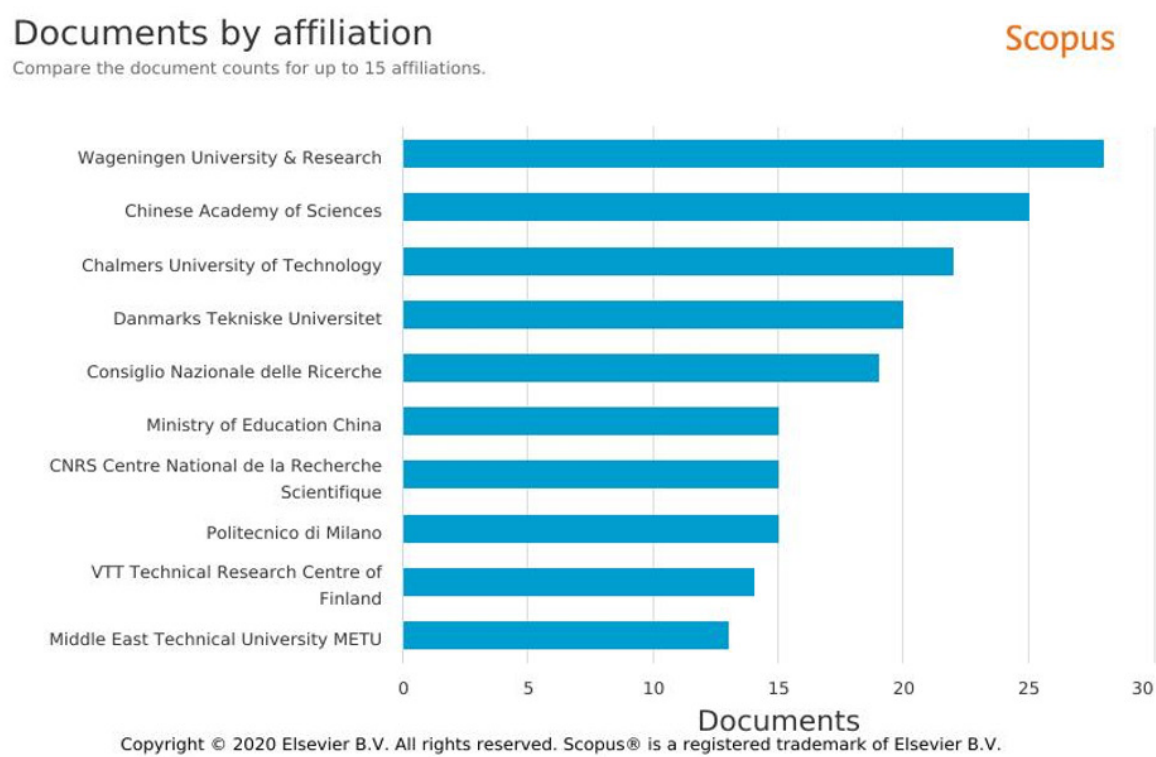


Fig. 9. Producción por instituciones —industria.  
Fuente: Obtenido de Scopus.

Por otro lado, el segundo lugar es ocupado por “Chinese Academy of Sciences” con 25 documentos, con la adopción de su programa Innovación 2020 en 2011, se ha comprometido a ofrecer ciencia y tecnología innovadoras, talento de mayor calibre y asesoramiento científico superior, ubicada en Beijing, China, CAS tiene una plantilla de 67 900, incluidos unos 56 000 investigadores profesionales, cuenta con 174 225 colaboraciones en el área de ingeniería y 82 534 colaboraciones en el área de la agricultura y las ciencias biológicas.

La Fig. 10 muestra la producción por países y esta indica que Estados Unidos presenta el mayor volumen de publicaciones, con lo que se puede concluir que este es el país que más interés ha presentado con respecto a la temática. Presenta 272 resultados durante todo el periodo de tiempo, de los cuales 71 documentos corresponden al área de agricultura y ciencias biológicas, 71 al área de ciencias ambientales y 67 a ingeniería, el resto se reparten entre las demás dependencias en un menor número. El último trabajo publicado por autores de ese país en 2019 lleva como título “Developing new metrics to evaluate the performance of capacity planning towards sustainable construction” publicado por Hamzeh, F., Al Hattab, M., Rizk, L., El Samad, G. y Emdanat, S., donde se realiza estudio para reducir los desechos y emisiones producidos en la construcción [15]. El segundo lugar es ocupado por Alemania con 172 resultados, de los cuales la mayoría se concentran en las áreas de ingeniería y ciencias ambientales con 52 y 42 documentos respectivamente, en el área de la agricultura y las ciencias biológicas solo se presentan 26 documentos. El último artículo publicado por autores de ese país en 2019 aparece con el título de “¿Alternative carbon feedstock for the chemical industry? -Assessing the challenges posed by the human dimension in the carbon transition” de Lee, R. P., donde se realiza un estudio en la industria química alemana para la utilización de materias primas derivadas del carbón con el fin de implementar una producción más limpia y sostenible [16].



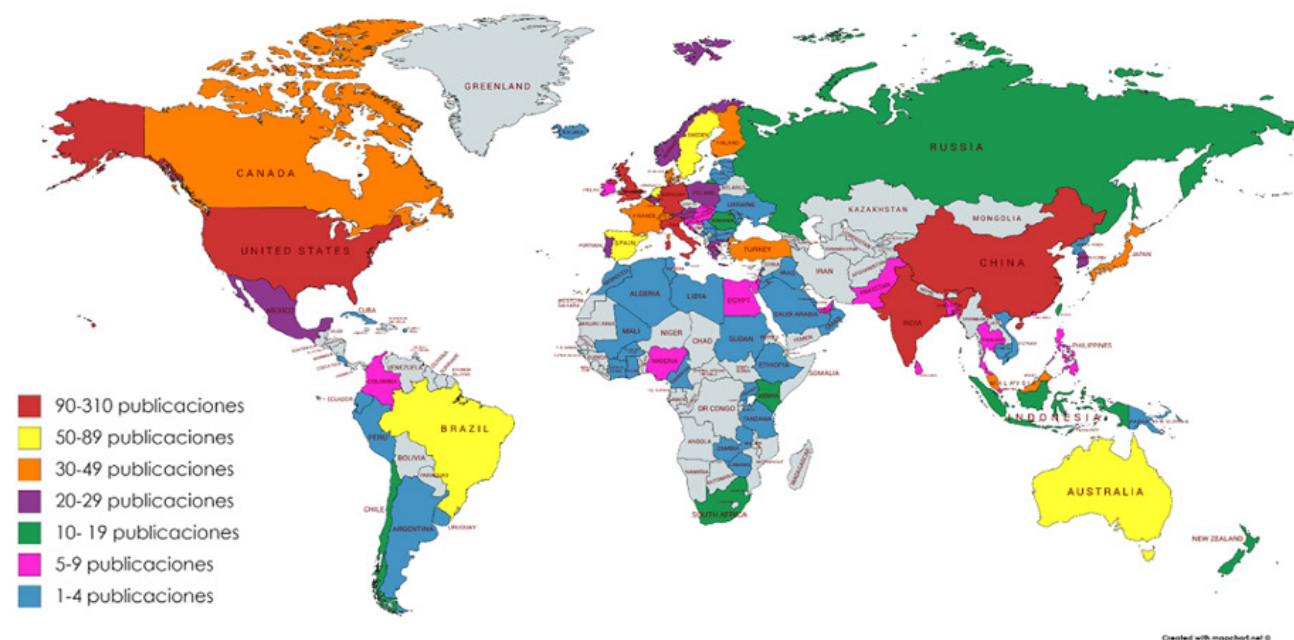


Fig. 10. Publicaciones por países —industria.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

En el gráfico de torta (Fig. 11) analizado por área de investigación, se puede apreciar que el mayor número de resultados se presentan en el área de ingeniería, ciencias ambientales y agricultura y ciencias biológicas, con un 15.2%, 18.8% y 11.0% respectivamente, ocupando la mayor parte del 100%.

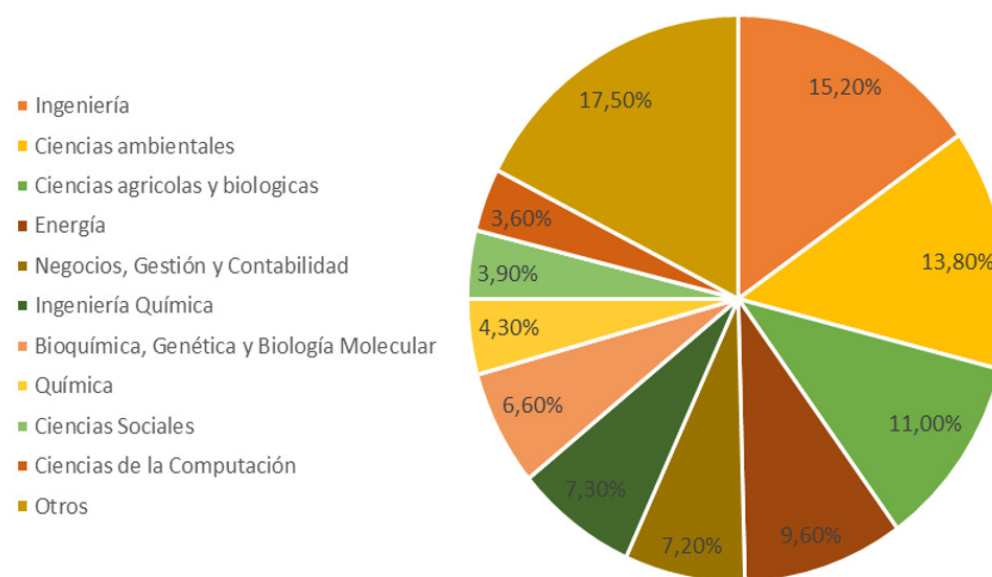


Fig. 11. Áreas de investigación en porcentaje-industria.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

## 2) Agricultura

La ecuación para esta temática se encuentra definida por los parámetros mostrados en la Tabla 2. Se tomaron solo aquellas publicaciones que contuvieran en el título del artículo, resumen y palabras claves la palabra producción sostenible y agricultura, incluyendo también ciertos parámetros que limitan la investigación para ajustarla con mayor precisión al tema de interés. Asimismo, se realizó el análisis contemplando todo el universo de publicaciones de Scopus, los cuales como se muestra en la Fig. 5 fueron 2 149.

TABLA 2.

PARÁMETROS DE BÚSQUEDA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE ENFOCADO EN LA AGRICULTURA.

Ecuación	( TITLE-ABS-KEY ( “sustainable production” ) AND TITLE-ABS-KEY ( agricultur* ) OR TITLE-ABS-KEY ( crop* ) OR TITLE-ABS-KEY ( farm* ) AND NOT TITLE-ABS-KEY ( livestock ) ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2021 ) )
Observaciones	Se observó en los resultados por año que el año con mayor volumen de publicaciones hasta la fecha es el 2020, con un total de 241 resultados, de los cuales 172 son artículos científicos, 39 revisiones, 17 documentos de sesión, 11 capítulos de libros, 1 revisión de conferencia y 1 indefinido.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede identificar que los artículos científicos son el principal tipo de documento para la divulgación de esta área de conocimiento con una representación del 67.3% de todas las publicaciones.

Por lo que se refiere a la Fig. 12 se puede notar que según los criterios de búsqueda, las primeras investigaciones se dieron en el año 1982 donde los autores buscaron mostrar una perspectiva al gobierno y las comunidades de la importancia de desarrollar estrategias para los sistemas agrícolas que no deterioren el medio ambiente sino que busquen preservar los recursos en Canadá, y por otro lado, en América se propusieron estrategias para mejorar la calidad de vida en su momento de las comunidades agrícolas proponiendo como medios de solución mejorar la productividad agrícola, conseguir empleo fuera de las granjas y dar incentivos para preservar la base de recursos e investigación en sistemas de producción sostenibles, todo esto para reducir la situación de pobreza vivida por los pequeños agricultores [17], [18].

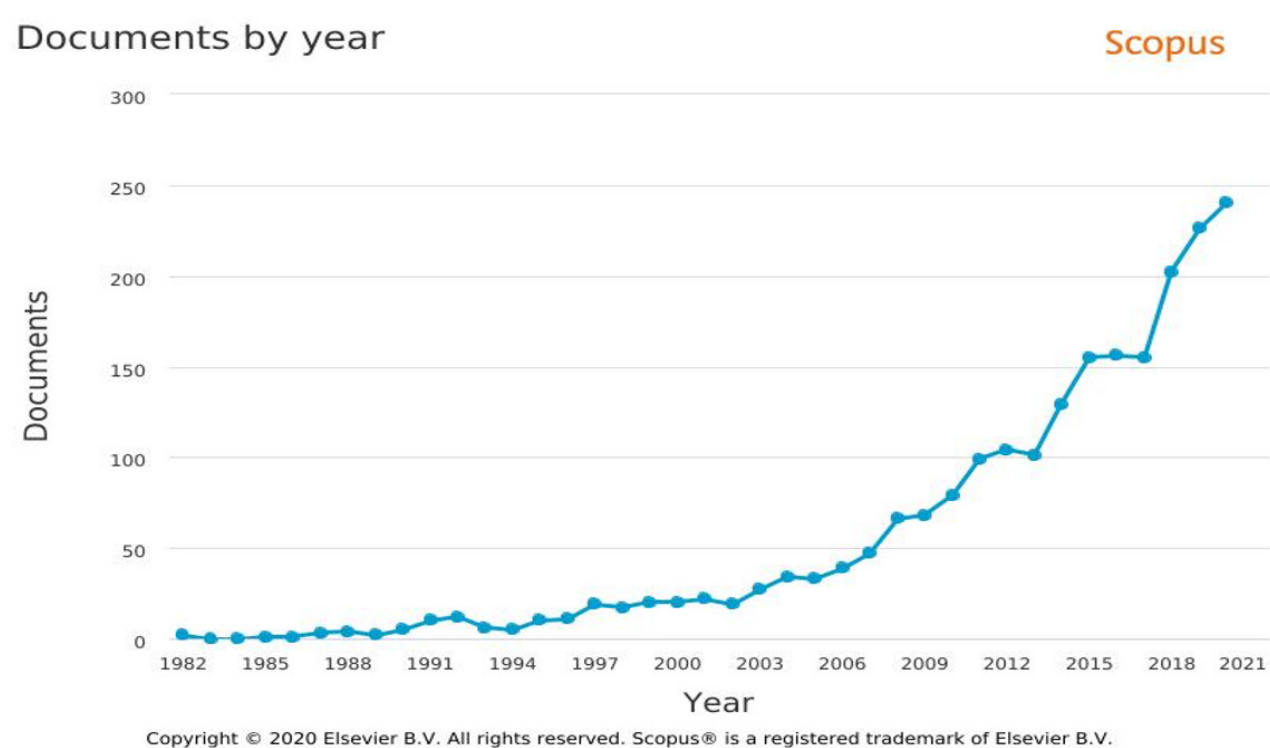


Fig. 12. Evolución de las publicaciones —agricultura.  
Fuente: Obtenido desde Scopus.

De acuerdo a la Ley de crecimiento de Price, la producción científica permaneció estable hasta el año 2002 evidenciando que la tasa de crecimiento es constante durante este periodo de tiempo, como se observa en la Fig. 12. Pero también se puede notar que a partir de este año las publicaciones comienzan a tomar una cota de crecimiento exponencial quedando en evidencia un campo de conocimiento en etapa de maduración [19], [20].

Por otro lado, en la Fig. 13 se muestra el comportamiento en el transcurso de los años de las 5 fuentes de divulgación del conocimiento con mayor número de publicaciones acorde a los criterios de búsqueda establecidos en Scopus. Así, al analizar las fuentes de divulgación del conocimiento se observa que, en la temática estudiada, el volumen de producción documental en los últimos años ha sido encabezado por la revista *Acta horticulturae* de Bélgica; las publicaciones de esta revista, disponible los años 1976, 1988 y de 1996 hasta ahora, en Scopus se han clasificado en el área temática “Agricultural and Biological Sciences: Horticulture”. Acorde a datos del Scimago Journal & Country Rank (SJR) con un índice de 0.185 en el año 2018 el cual lo ubica en el cuartil 4 (Q4) categorizándola como una revista de bajo factor de impacto. Su más citado documento se titula “the future of quality”, publicado en el 2003, sobre las predicciones de las conferencias sobre la calidad de las frutas y hortalizas sugiriendo que se debe aprender del pasado que predecir el futuro sobre situaciones del presente es casi siempre inexacto. Sin embargo, este documento posee 21 citaciones de las cuales 4 son realizadas por publicaciones de la misma revista y las últimas citaciones son realizadas por otras revistas el año 2017 y 2014 [21].

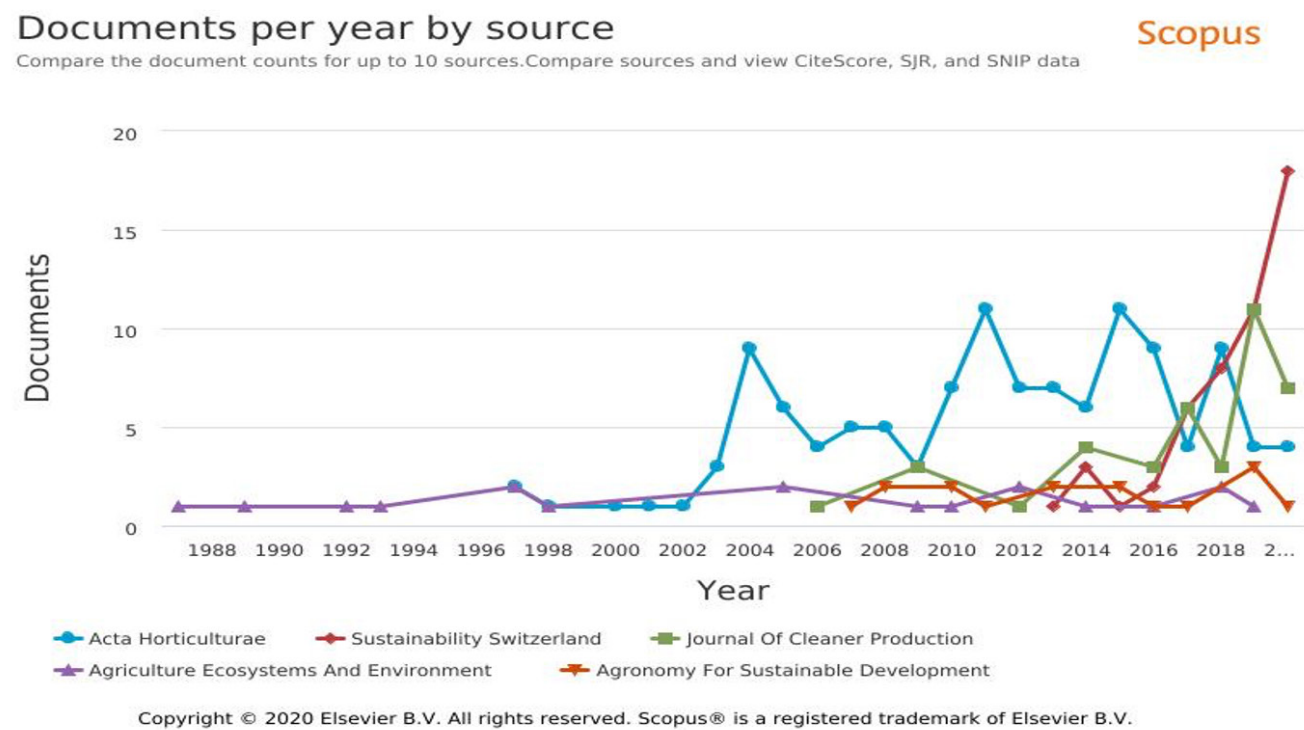


Fig. 13. Producción científica de las revistas por año —agricultura.  
Fuente: Obtenido de Scopus.

En segundo lugar, si se observa la producción documental de los últimos años, otra revista que tiene bastantes créditos es “Journal of Cleaner Production”, una revista internacional y transdisciplinaria que se centra en la investigación y la práctica de Producción más limpia, Medio ambiente y Sostenibilidad, categorizada según el SJR en el cuartil 1 (Q1), lo cual significa que sus publicaciones son de alto impacto para la comunidad científica [22]. Sus publicaciones se encuentran clasificadas dentro de las áreas temáticas de Scopus en las siguientes categorías: Ciencias ambientales; Negocios, gestión y contabilidad: Estrategia y gestión; Ingeniería: Ingeniería Industrial y de Manufactura; Energía: Energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente. Su publicación más citada, publicada en el año 2012, es sobre una evaluación del ciclo de vida de cultivos protegidos (pimentones, tomates, melones, entre otros) [23]. Es tanto el impacto de esta publicación que entre el año 2015 hasta el 2019 el número de veces que ha sido citado este documento por año oscila entre 12 y 20 citas ratificando que no ha perdido importancia la relevancia del artículo a través del tiempo [23]. Cabe resaltar que 41 citas de las 97 citaciones que posee son realizadas por publicaciones de la misma revista, otro dato que es importante resaltar es el impacto de citas ponderadas en el campo es de 6.02 según datos arrojados en Scopus, en otras palabras, este documento se cita más de lo esperado en el campo por ser este valor mayor que 1.00.

Sin embargo, se puede notar que en la Fig. 13 hay revistas que han comenzado a publicar en los dos últimos decenios como “Sustainability Switzerland” y “Agronomy For Sustainable Development”, valoradas en el cuartil 2 (Q2) y en el cuartil 1 (Q1) respectivamente. También está la revista “Agriculture Ecosystems And Environment” la cual ha tenido un comportamiento interesante debido a que se ha mantenido constante en sus publicaciones desde 1987 sobre la tematica de interés y sus publicaciones son de alto impacto al ser una revista valorada en el cuartil 1 según el SJR.

En la Fig. 14 se muestra la producción total de los primeros diez autores junto a la representación porcentual de sus producciones en este ranking. En total son 159 autores los cuales han publicado al respecto, entre ellos se destaca Mohammad Saghir Khan de la “Aligarh Muslim University” en la India, sus publicaciones están concentradas en las áreas de: Ciencias Agropecuarias y Biológicas; Inmunología y microbiología; Bioquímica, Genética y Biología Molecular e Ingeniería. Algunas de las palabras claves que se encuentran en sus artículos científicos son: biofertilizantes, intensificación agrícola, manejo agrícola, agroecosistema, bacterias, colonización bacteriana y entre otras.



Fig. 14. Autores con mayores publicaciones —agricultura.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

De la India se destacan también autores como Asif Zaidi, Asfa Rizvi y Saima Saif, ratificando a este país como uno de los pioneros en la materia de investigación, tal como se muestra en la Fig. 15, estando solo por debajo de Estados Unidos con un total de publicaciones de 186. Las temáticas en sus publicaciones están enfocadas en mayor grado en los cultivos, la productividad, los biofertilizantes, el rendimiento, la producción agrícola y el cambio climático, entre otros.

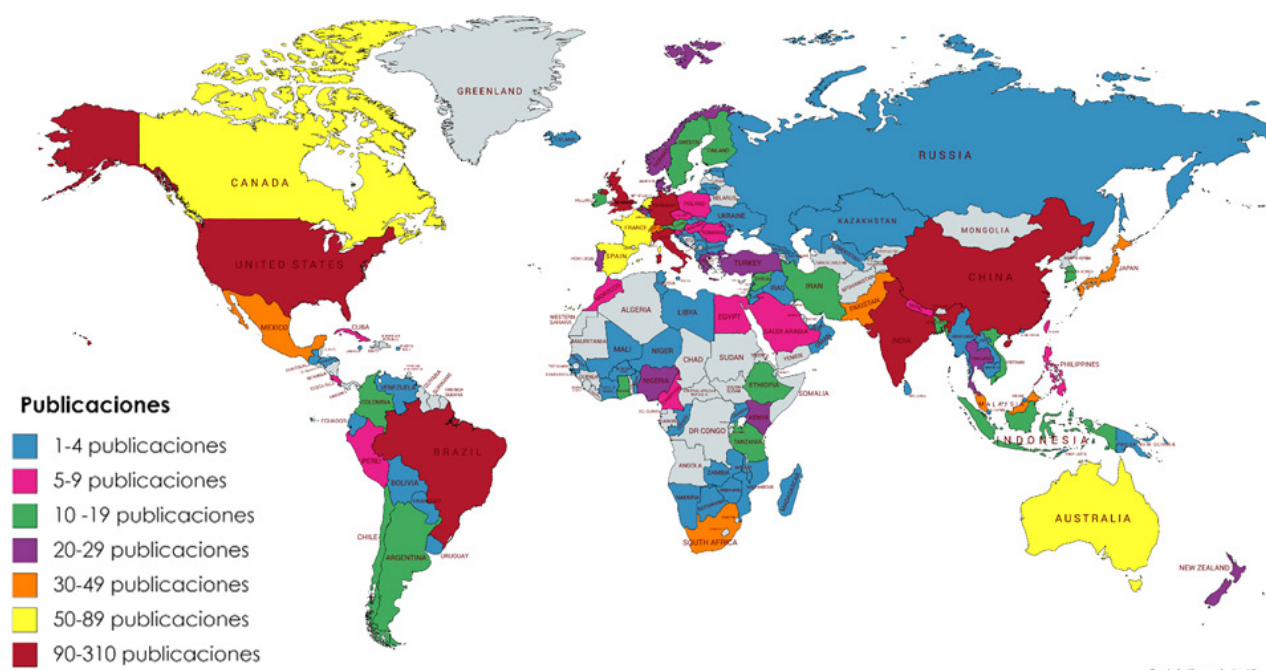


Fig. 15. Publicaciones por países-agricultura.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

La Fig. 15 muestra los países por intervalos de producción científica representado con colores. Entre los mayores exponentes por países se encuentra Estados Unidos, India, Italia, Reino Unido, Alemania, Brasil, China y Holanda.

En Estados Unidos se trabaja principalmente en las áreas de ciencias biológicas y agricultura, ciencia ambiental, energía, ciencias sociales, bioquímica, genética y biología molecular. Al observar las palabras claves como idea general de lo que se está produciendo, se encuentran términos como agricultura, biomasa, cultivos, suelos, maíz, producción y rendimiento de cultivos. También, se tiene que su artículo más citado consiste en una revisión de los alimentos o plantas que se pueden incorporar a los procesos acuícolas para apoyar la producción sostenible de varias especies de peces [24].

Por otro lado, al observar a Italia como uno de los principales productores científicos se encuentra que se posiciona entre los mejores con un total de 107 documentos publicados; algunos sobre las temáticas del ciclo de vida, el impacto ambiental, agricultura ecológica y biomasa. Esto se verifica debido a que su último artículo publicado se trata de una evaluación de la eficiencia en la producción de biocombustibles de primera generación [25].

Como se muestra en la Fig. 15 en Latinoamérica se tiene a Brasil como mayor productor científico con un total de 97 documentos publicados. Entre sus últimos artículos publicados se destaca uno sobre la utilización de los sistemas agroforestales para mejorar la calidad del suelo en la Amazonia colombiana y se publicó otro sobre las oportunidades y limitaciones para el desarrollo de la acuicultura de caballitos de mar a bajo costo en estuarios de manglares [26], [27]. Asimismo, si se observa las palabras claves para obtener una idea general de los temas investigados se encuentran palabras como agricultura, alternativa agrícola, agroforestería o agrosilvicultura, biocombustibles, cambio climático e impacto ambiental.

La contribución de Brasil es tanta que en la Fig. 16 sobre la producción por instituciones aparecen dos de Brasil una de Sao Paulo llamada “Universidade de Sao Paulo” quien publicó el estudio de los sistemas agroforestales mencionado anteriormente y la “Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária —Embrapa” de la ciudad de Buenos Aires; el último artículo de esta es sobre las tasa de aplicación de fertilizantes de fósforo y potasio para los cultivos de arroz con el fin de obtener condiciones óptimas de crecimiento [26].

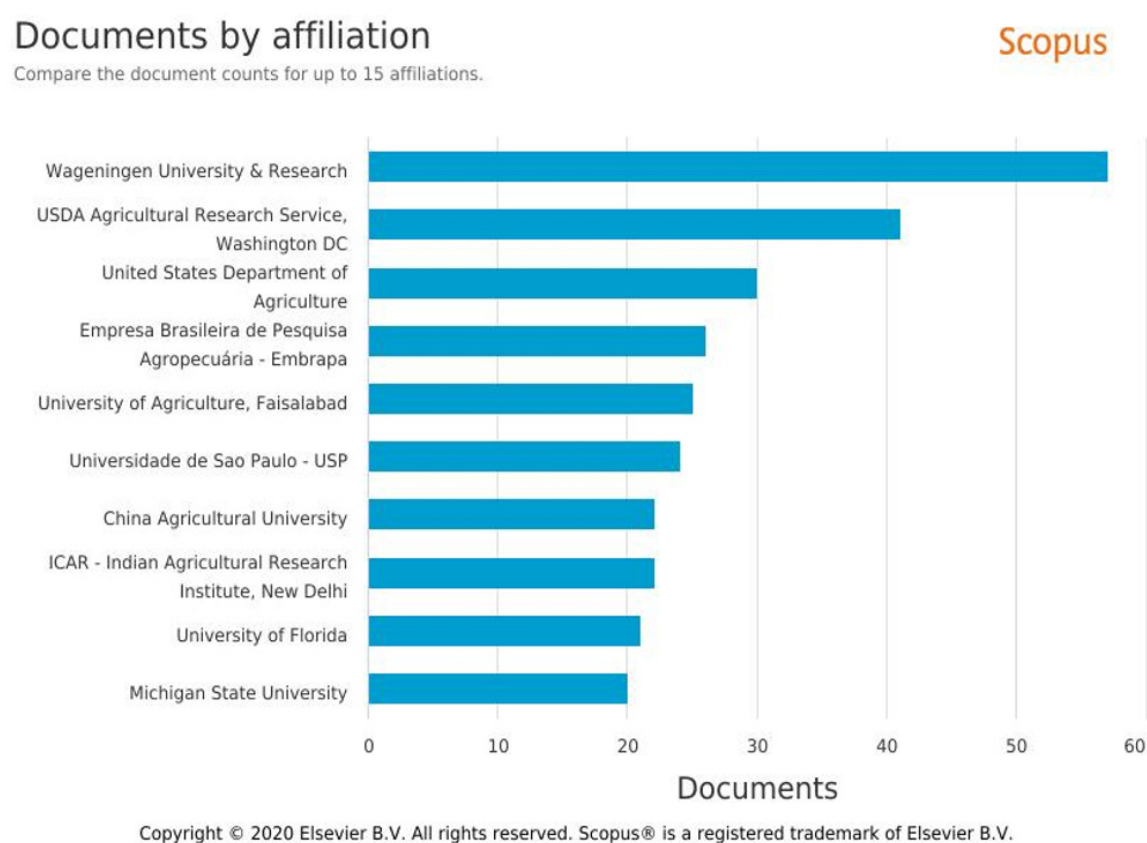


Fig. 16. Producción por instituciones —agricultura.  
Fuente: Obtenido de Scopus.

Por último, en la Fig. 16 se muestra un ranking de instituciones con mayor producción científica. También, como idea general, se puede observar en la Fig. 17 las áreas temáticas con mayor asignación por Scopus, para la producción sostenible en la agricultura, cada artículo se agrupa de acuerdo a una o varias áreas temáticas, donde se observa que los documentos en una gran proporción consisten en ciencias agrícolas y biológicas, seguido por las ciencias ambientales, bioquímica, genética y biología molecular, ciencias sociales y energía, entre otros.

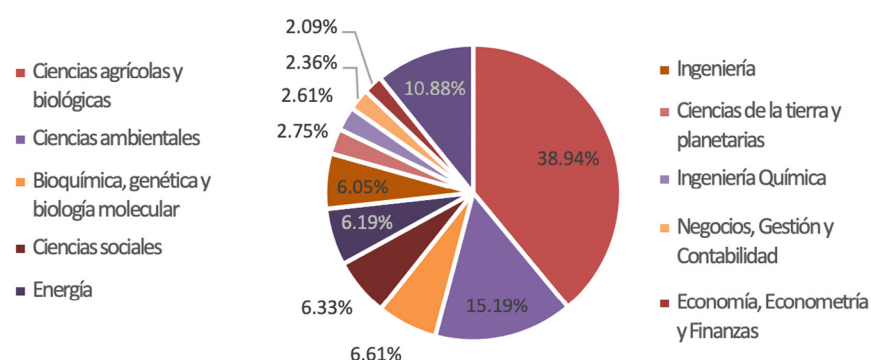


Fig. 17. Áreas de investigación en porcentaje-agricultura.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

## B. Identificación de patrones

Para identificar los patrones y tendencias científicas en las áreas de conocimiento se utilizó la cienciometría como principal herramienta. En este capítulo se analizaron las palabras claves según su ocurrencia, la colaboración entre países y la colaboración entre autores mediante mapas de visualización. Teniendo en cuenta que el tamaño de los círculos indica el peso de los ítems en términos de producción científica, la distancia entre ellos indica la relación, y las líneas entre ellos indica la fuerza del enlace [28], [29]. Esto permitió identificar la evolución y estructura de cada área de conocimiento.

Seguidamente, se muestra las tendencias científicas con las 35 palabras claves con mayor ocurrencia en los temas de investigación (Fig. 18). Cabe aclarar que este análisis fue realizado con los documentos de los últimos cinco años (2015-2019).



Fig. 18. Palabras claves más frecuentes.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus.

### 1) Industria

#### • Análisis de palabras claves

En esta investigación se seleccionaron todas las palabras claves porque estas unidades de análisis, obtenidas de forma automática, reflejan mejor la dinámica de un campo científico por tratarse de términos actualizados, de mayor calidad y más específicos en comparación, con las palabras clave de los autores, o las procedentes de otros vocabularios controlados.

Para que la muestra fuera representativa de los grupos temáticos, se seleccionaron solo las palabras claves cuya frecuencia fuera  $\geq 5$  veces. Para la visualización de los datos se aplicaron mapas bibliométricos bidimensionales, en los que la representación de las relaciones entre las unidades de análisis se basa en la posición o distancia entre los nodos. A su vez, con la herramienta VOSviewer se realizaron a su vez dos tipos de representaciones espaciales [30]:

- Un mapa bibliométrico etiquetado el cual permitió obtener una visualización gráfica de las palabras claves mediante nodos etiquetados y agrupaciones temáticas, o clústeres.
- Un mapa bibliométrico de densidad en el que cada nodo se representó por una escala de colores los cuales revelaron la densidad de las relaciones entre las palabras claves (el color rojo indicó la densidad más alta, los amarillos y verdes indicaron una densidad intermedia y el azul oscuro indicó la densidad más baja).

Además, para interpretar el mapa de densidad se tuvo en cuenta, por un lado, el número de ítems posicionados en esa zona y, por otro, el peso de las palabras claves en esa zona. Además, del total del resultado de búsqueda se obtuvieron un total de 740 palabras claves con una frecuencia  $\geq 5$ .

Como resultado del mapa bibliométrico etiquetado se obtuvieron 5 clústeres temáticos que definieron las principales corrientes de investigación en producción sostenible en la industria (Fig. 19). En este mapa se puede observar la creación de 5 clústeres señalados con un color distinto cada uno, el primero con mayor número de participación denominado desarrollo sostenible, el segundo química verde, el tercero procedimientos, el cuarto industria del campo y el ultimo hace referencia al cuidado del agua. A continuación, se detalla cada uno de estos clústeres:

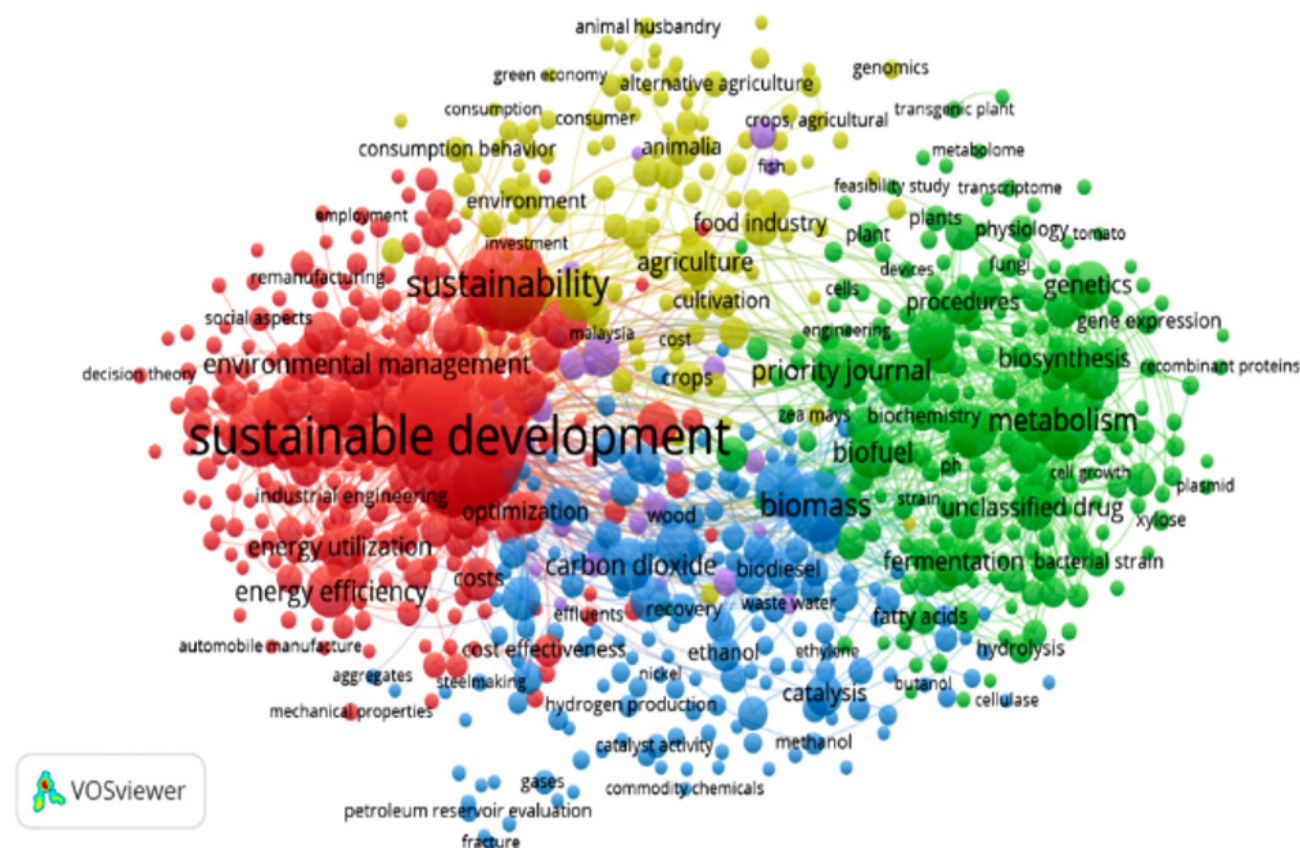


Fig. 19. Mapa de ocurrencia de todas las palabras clave-industria.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

- **Clúster 1:** Investigación sobre desarrollo sostenible y uso de la tecnología (32%), señalado en el mapa con color rojo. Esta línea de investigación se centró en el acoplamiento de la tecnología con los procesos industriales, particularmente las denominadas tecnologías limpias. Además, se centró en el análisis de su funcionamiento. Este clúster incluyó 233 ítems, entre las palabras claves con mayor peso o índice de similitud se encontraron: modelos de negocio, economía circular, ventaja competitiva, tecnologías amigables, manufactura verde, ecología industrial, industria 4.0, sistemas de manufactura.
- **Clúster 2:** Investigación relacionada con la química verde (28%), señalado en el mapa con color verde. Este frente de investigación se centró en los trabajos sobre la química amigable con el medio ambiente y las alternativas de procesos químicos menos contaminantes. Este clúster agrupó 206 ítems, tales como: proteína bacteriana, biocatálisis, biomasa, biorremediación, emulsificación, encimas, ingeniería genética.
- **Clúster 3:** Procedimientos o métodos (21%), señalado en el mapa con color azul. En este grupo temático se incluyeron los temas relacionados con los procesos o técnicas de producción alternativas más amigables con el medio ambiente. Este clúster agrupó 157 ítems con los términos nucleares como: producción de alcohol, compuestos bioactivos, bioconversión, bioeconomía, biorrefinería, catálisis, destilación, control de emisiones, hidrogenación, transferencia de masa, energía solar, química sostenible, fermentación.
- **Clúster 4:** Industria de alimentación y el campo (15%), señalado en el mapa con color amarillo. En este grupo temático se incluyeron diferentes aspectos relacionados con la forma de producción de alimentos y el tratamiento de estos. Este clúster agrupó 115 ítems, entre las palabras claves con mayor peso se encontraron: agricultura alternativa, cría de animales, conservación natural, rendimiento de cultivos, comportamiento de consumo, aplicación de fertilizantes, procesamiento de alimentos, irrigación, agricultura orgánica.





A diferencia del mapa de todas las palabras claves, el mapa de palabras claves de autor mostrado en la Fig. 21 arrojó un resultado de 86 palabras claves con una frecuencia  $\geq 5$ . Además, se obtuvieron 10 clúster los cuales están conformados por las mismas temáticas de los cinco clústeres del mapa bibliométrico de todas las palabras claves, pero organizados de una manera menos general presentando temas de un solo clúster con diferentes variaciones.

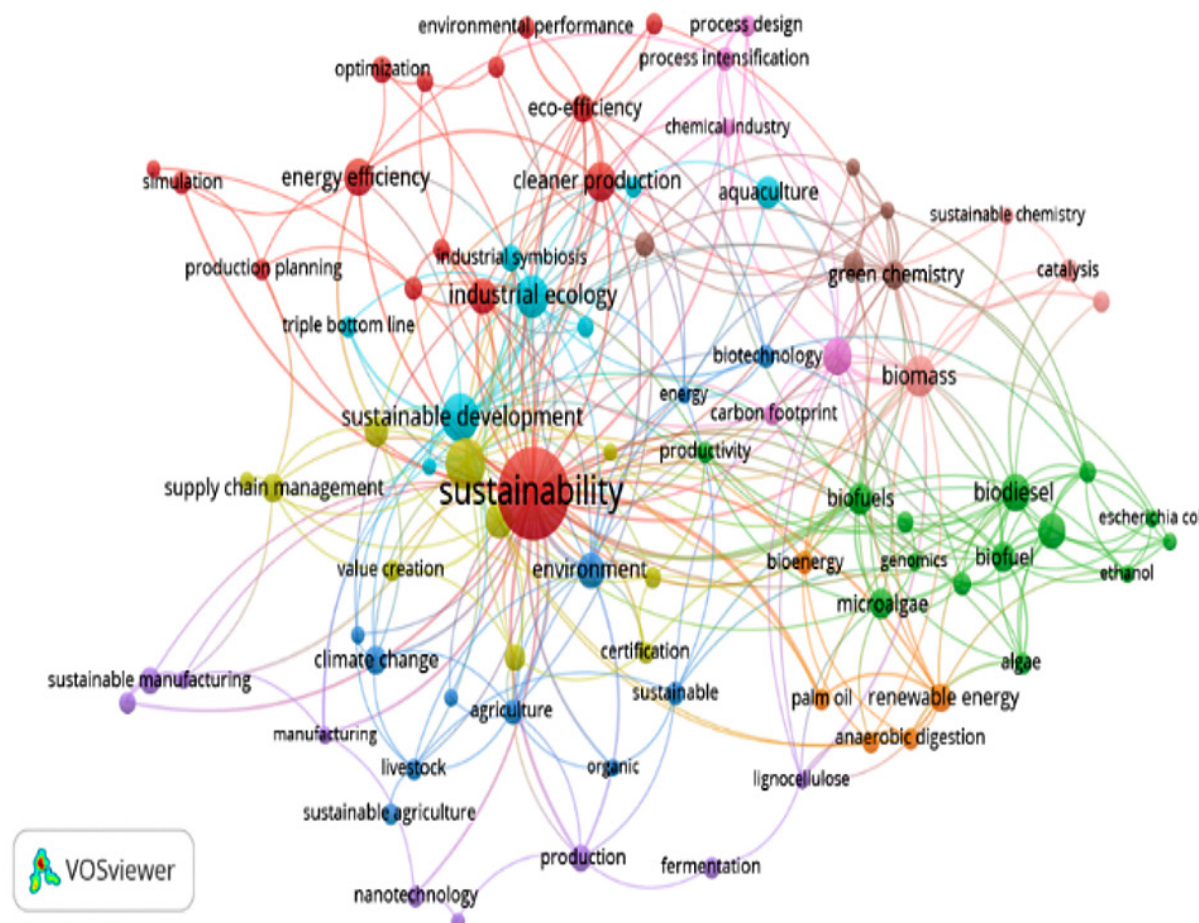


Fig. 21. Mapa de ocurrencia palabras clave de autor —industria.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

Cada clúster presentó los siguientes porcentajes de participación: 17% para el clúster 1, investigación sobre los métodos más sostenibles y amigables de producción; 16% para el clúster 2, investigación relacionada con los recursos utilizados en la aplicación de procesos más sostenibles; 13% para el clúster 3, producción enfocada a la industria de la agricultura y el campo; 12% para el clúster 4, efectos en la utilización de procesos más amigables; 10% para el clúster 5, relación entre la tecnología y la química para la sostenibilidad ambiental; 9% para el clúster 6, industria verde y cuidado del agua; el clúster 7, 8 y 9 ocupan 6% de las palabras claves definidas por los autores en cada uno en trabajos relacionados con la obtención de energías limpias, química verde y formas alternativas de obtención de energía respectivamente; y por último el clúster 10, con 5% de participación con trabajos sobre los métodos utilizados en la química verde.

- *Análisis de cooperación entre países*

El mapa de ocurrencia de países (Fig. 22) generó 7 clústeres con 52 ítems distribuidos en cada uno. Asimismo, cada clúster se encuentra organizado de mayor contribución a menor contribución de documentos sobre producción sostenible en la industria. El primer clúster conformado por 11 ítems y señalado con color rojo en el que se encuentran países como Estados Unidos, Canadá, Australia, China, Japón, Corea del sur (22% de participación en el mapa). El segundo clúster lo encabeza Austria seguido de Brasil y Colombia este se encuentra señalado con color verde (8% de participación). El tercer clúster señalado con color azul está conformado por Bélgica, Francia, Italia, federación rusa, Irlanda entre los que más destacan (8% de participación). El clúster 4 señalado con color amarillo y conformado por Grecia, Irán, Hong Kong, Nueva Zelanda, Polonia (8% de participación). El clúster 5 señalado con color púrpura, conformado por India, Kenia, Nigeria, Sudáfrica (8% de participación). El clúster 6 con color azul cielo, conformado por Egipto, Indonesia, Malasia, Pakistán, Singapur (6% de participación). Por último, se encuentra el clúster 7 conformado por Chile, Alemania y México, señalado con color naranja (6% de participación).

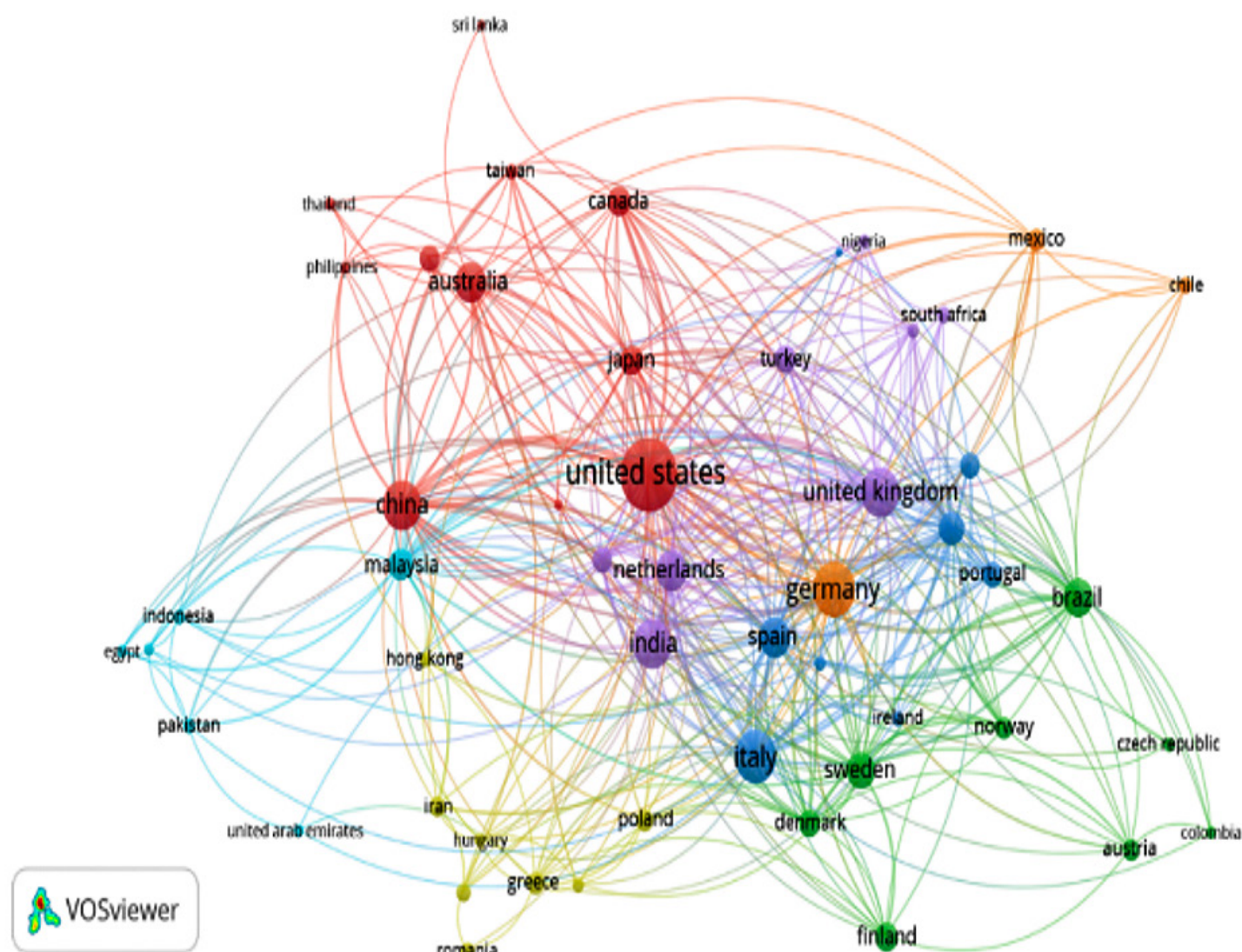


Fig. 22. Redes de colaboración entre países —industria.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

En la Fig. 23 se muestra un mapa de densidad donde se resaltan con color rojo los países con mayor producción, como también se puede observar con un poco menos de producción los países que se encuentran entre el color amarillo, verde y azul agua marina. Expandiéndose en color según el grado de producción.

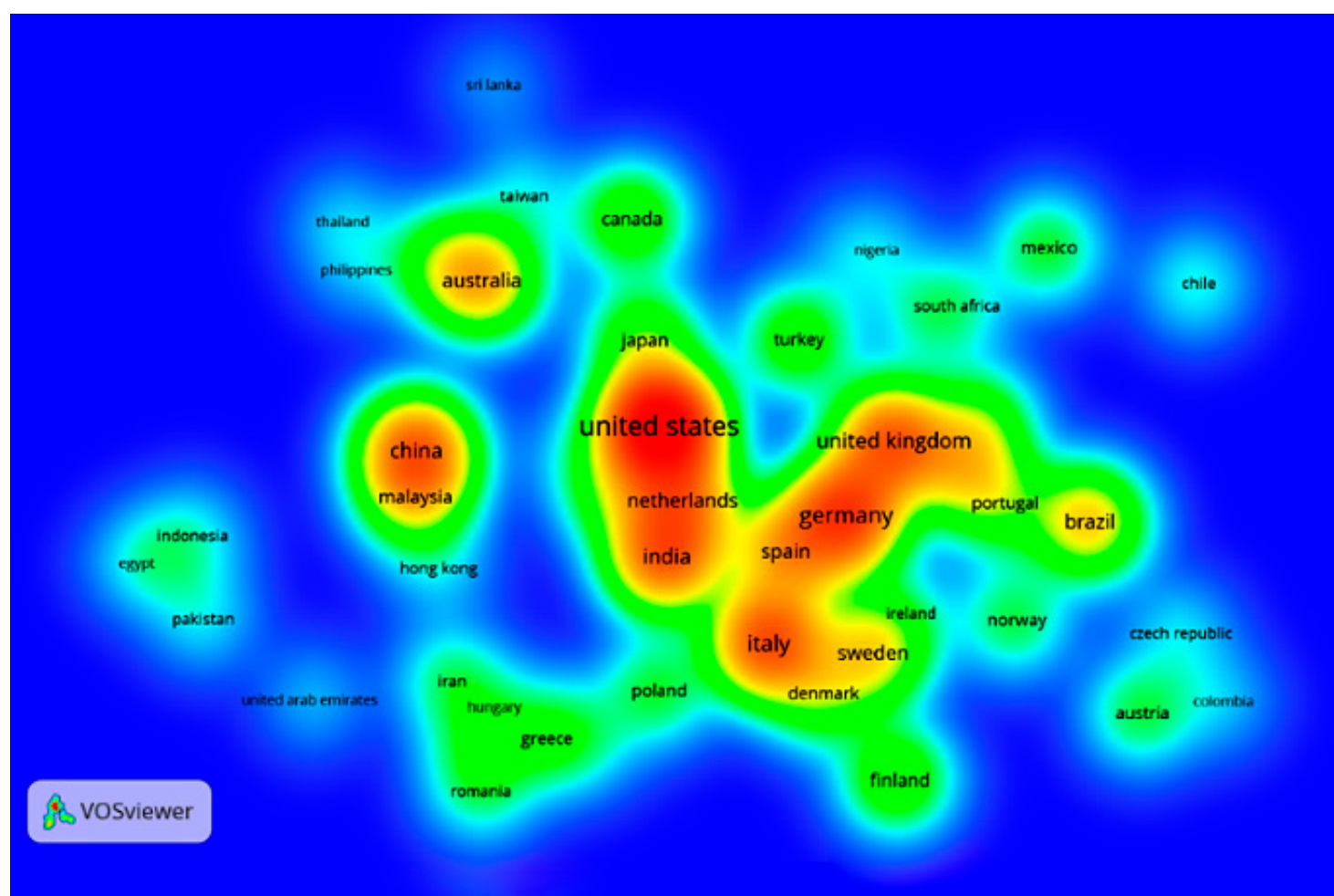


Fig. 23. Mapa de densidad de países —industria.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

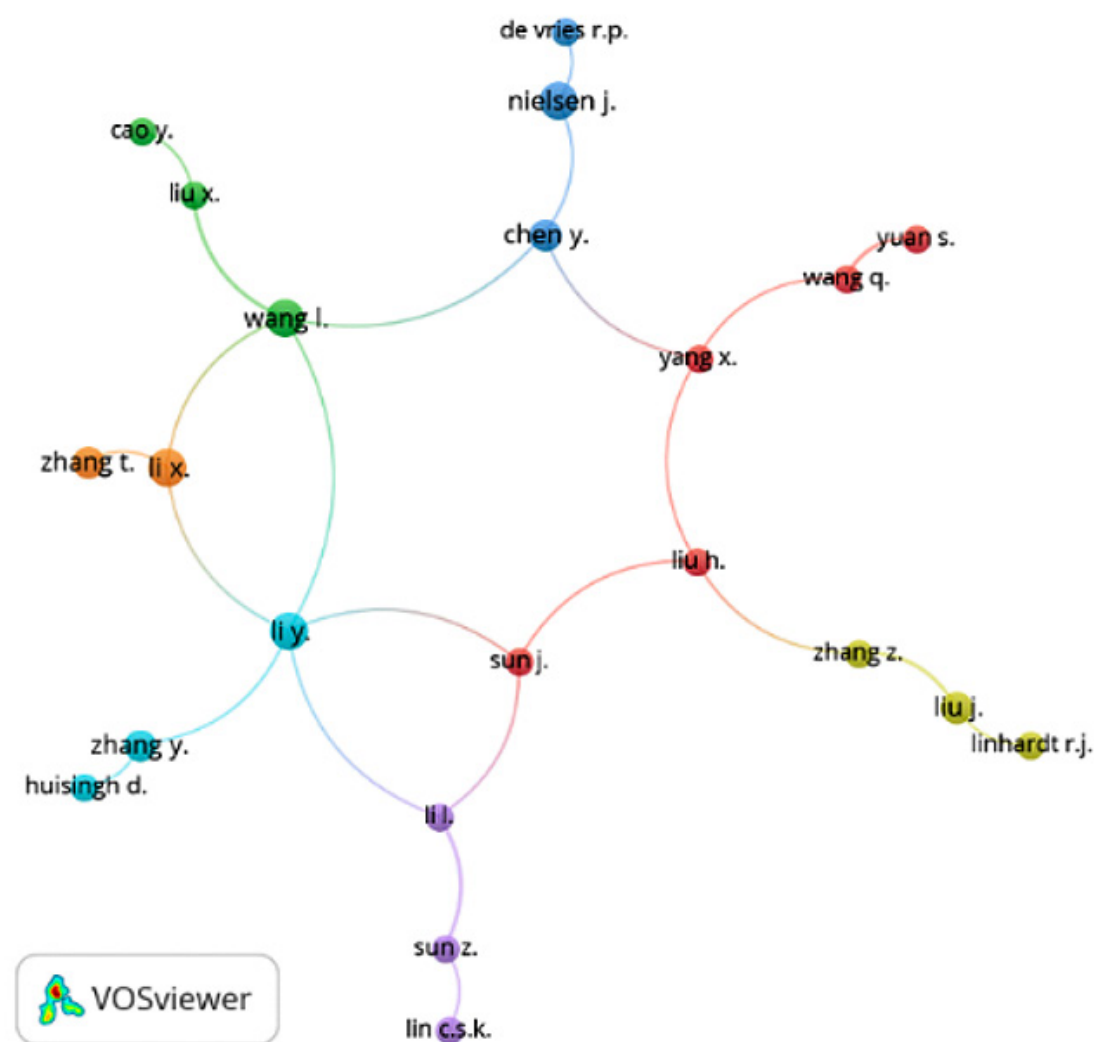
• *Análisis de redes sociales*

El número mínimo seleccionado de apariciones de un autor en una publicación fue de 3 documentos, esto debido a que al seleccionar este número se presentó una red de coocurrencias más consistente, permitiendo mayor análisis de la información. De 4660 autores 99 publicaron un mínimo de 3 documentos, pero solo 22 presentaron coocurrencias entre sí. En la [Tabla 3](#) se observan los autores con mayor número de publicaciones y el número de citaciones de cada autor.

**TABLA 3.**  
PUBLICACIONES Y CITACIONES POR AUTOR.

Autor	Documentos	Citación
Rubén Aldaco	5	108
Angel Irabien	6	111
Alba Bala	3	23
Cristina Gazulla	3	23
Jara Laso	3	23
María Margallo	3	23
Hannu Helle	3	10
Mikko Helle	3	10
Kaisa Huitu	3	10
Marko Kekkonen	3	10
Henrik Saxen	3	10
Emrah Alkaya	9	127
Toon de Pessemier	3	35
Göksel Niyazi Demirer	9	127
Xu Gong	3	35
Wout Joseph	3	35
Philip Lutze	5	219

Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 24.** Clústeres de autores-industria.

Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

El mapa de ocurrencia de autores (Fig. 24) generó 7 clústeres, cada uno con referencia a los tres autores mostrados en la anterior tabla. El autor Liu Hongyuan con afiliación en la Universidad Normal de Beijing y la Academia de Ciencias de China, haciendo aparición en trabajos de investigación en las áreas de las ciencias ambientales, ciencias planetarias y de la tierra, ciencias agrícolas y biológicas, encabeza el primer clúster junto con Sun Jie afiliado a el Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales, perteneciente a la Academia China de Planificación y Diseño de Ingeniería Agrícola, hace apariciones en trabajos relacionados con el área de ingeniería y ciencias agrícolas y biológicas, este primer clúster señalado en la imagen con color rojo.

## 2) Agricultura

### • *Análisis de palabras claves*

En la Fig. 25 se puede apreciar los clústeres definidos por el software VOSviewer, en un diagrama de coocurrencia de todas las palabras claves. En total se pueden evidenciar 6 clústeres diferenciándose por un color diferente cada uno, sus denominaciones generales se pueden observar en la Fig. 25.

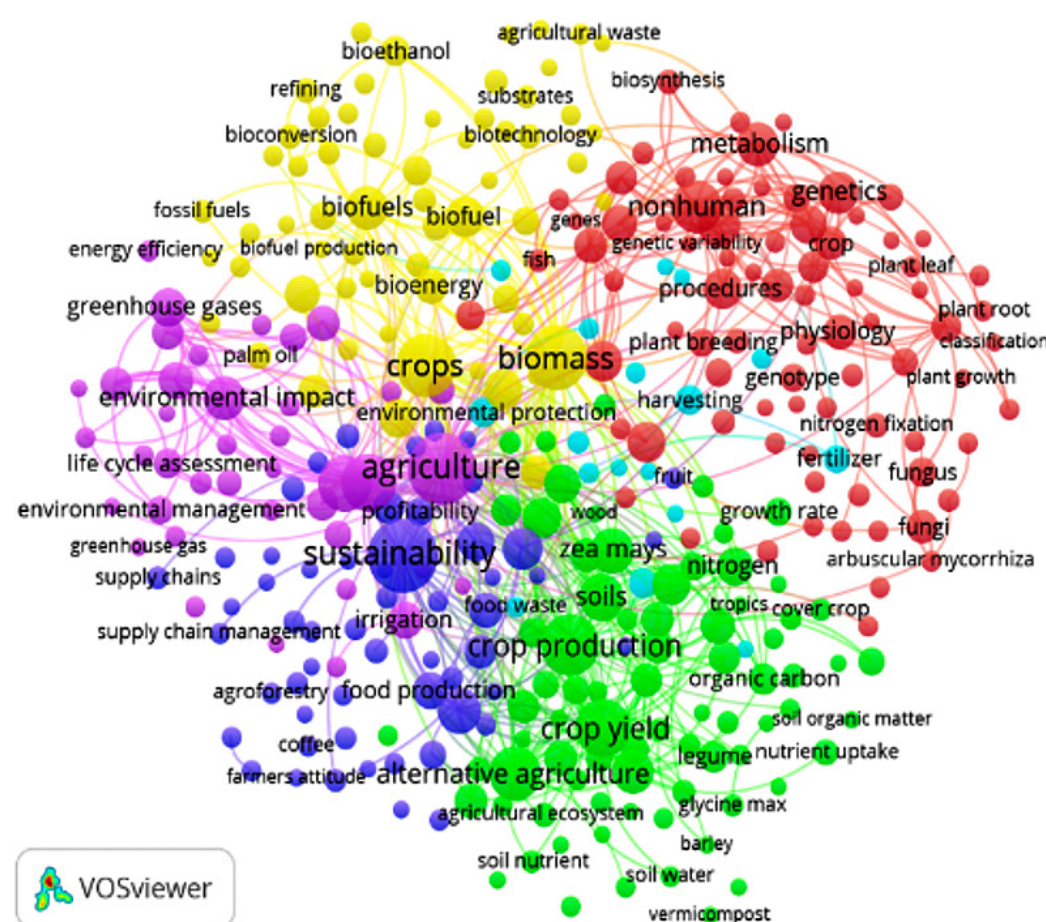


Fig. 25. Mapa de coocurrencia de todas las palabras claves —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

Con el fin de conocer las tendencias de investigación para la temática, se analizó cada clúster de manera detallada y se encontró que:

- El clúster rojo contiene 81 ítems que representan el 24.39% de los nodos, donde se encontraron palabras claves que se interrelacionan con factores generadores de cambios en la agricultura. Entre las palabras claves con mayor peso se encontraron: no humano, metabolismo, procedimientos y genética. Acorde al tamaño de la longitud del enlace entre los nodos se puede afirmar que este clúster consiste en aquellos procedimientos para lograr transformaciones químicas ya sean genéticas o metabólicas en las plantas, en este contexto aparece un término lejanamente conectado denominado microbiología. Por otro lado, este clúster tiene la particularidad de estar el términos animales, relacionándose con factores de crecimiento, desarrollo y envejecimiento y exaltando entre ellos el pescado, lo cual resulta curioso debido a la temática del clúster, investigando un poco en los artículos se encontró que algunos tratan los desechos de los cultivos para ser usados como alimento de los animales.

- Entre las palabras claves con mayor peso o índice de similitud del clúster verde se encuentran: la producción y el rendimiento de los cultivos, las alternativas agrícolas, el suelo, los fertilizantes y el nitrógeno. Las investigaciones están centradas en las prácticas agrícolas y se puede afirmar que los estudios están abordando: las técnicas de la producción y rendimiento de los cultivos, la evaluación de las propiedades del suelo en cuanto a sus nutrientes y fertilidad, alternativas agrícolas las cuales permitan minimizar o evitar el uso de productos o agentes no renovables en los cultivos. Por último, el clúster verde tiene un total de 77 ítems, los cuales representan el 23.19% de los nodos, y al observar las palabras claves con mayores ocurrencias se puede notar que cultivos como el maíz y las legumbres presentan el mayor interés científico en este clúster.
- Las palabras claves más representativas del clúster amarillo, referentes a energías renovables para el aprovechamiento de la materia orgánica, son: biocombustibles, cultivos, bioenergía, biomasa, bioconversión, entre otras. Por su parte, este clúster contiene un total de 61 palabras claves, los cuales representan el 18.37% de los nodos. Además, uno de los términos con mayor peso es el de biomasa, el cual se encuentra estrechamente relacionado con los términos de silvicultura, plantas (botánicas), cultivos, nutrientes, bioenergía, agricultura, no humano y metabolismo; los combustibles fósiles están lejanamente relacionados con la biomasa. Por último, otras palabras que se pueden encontrar en este clúster son el bioetanol y las materias primas o los componentes utilizados para la producción de energía a partir de la agricultura (los desechos agrícolas, las microalgas, la silvicultura, la glucosa, la lignina, los lípidos, las grasas, aceites, etcétera).
- El clúster azul contiene un total de 56 palabras claves (16.86% de los nodos) y se resalta mucho la palabra “sostenibilidad”, relacionada fuertemente con los sistemas de producción, biodiversidad, formulación de políticas, rentabilidad, producción de alimentos, cadena de suministro, etc. Si se observa de manera general este clúster, los temas tratados se preocupan por conservar la biodiversidad, la formulación de políticas, los controles de pesticidas, la nutrición, la calidad, la seguridad alimentaria y los riesgos, por esta razón, se nombró como políticas agrícolas a esta aglomeración. Referente a las conexiones, este clúster tiene la particularidad de asociarse mucho al clúster morado de análisis del ciclo de vida.
- Entre las palabras claves con mayores pesos se destaca agricultura, cultivos, cambio climático, emisión de gases de efecto invernadero, impacto ambiental, huella de carbono y dióxido de carbono. El clúster morado se denominó análisis del ciclo de vida debido a que contiene 40 palabras claves (12.04% de los nodos) y las que tienen mayor peso están relacionados con la palabra “ciclo de vida” o “evaluación del ciclo de vida”; también hay una relación existente entre los términos de impacto ambiental y agricultura que, indagando un poco más en la distancia de los nodos, demuestra la preocupación del medio por el cambio climático generado por los cultivos y las emisiones de agentes contaminantes (exaltando los gases de efecto invernadero) a lo largo del ciclo de vida de los productos. Por último, otra palabra que se puede encontrar es la de “riego” o “irrigación”, la cual está relacionada a la administración del agua, suelo, cambio climático, agricultura y cultivo.
- El Clúster verde menta contiene un total de 17 palabras claves (5.12% de los nodos), dentro de las cuales se encuentran palabras como cosecha, secuestro de carbono, digestión anaeróbica, compostaje, protección ambiental, desechos alimentarios, fosforo, ciclo de nutrientes, reciclaje, agua y salud pública. Este tiene la particularidad de estar disperso entre el medio de los otros 5 clústeres y se resume de mejor manera en procesos realizados para preservar el medio ambiente como la digestión anaeróbica, el secuestro de dióxido de carbono y la conservación de recursos naturales. Son muy pocos los nodos que se encuentran interconectados y a continuación se describirán los que se encuentran conectados: digestión anaeróbica se encuentra conectado con la palabra biogás, conservación de recursos naturales con protección ambiental y agricultura, fertilizantes con no humano y agrícola, y, por último, fosforo con producción de cultivo y biomasa.

En la [Fig. 26](#) se muestra un mapa de densidad que en la zona central del mapa (color rojo) resalta las áreas relevantes en el tema de investigación, demostrando que las investigaciones están encabezadas por temas de agricultura, rendimiento, sostenibilidad, producción de los cultivos, biomasa, genética, y tratamientos no humanos. También, Se puede evidenciar que los estudios se han encaminado en la evaluación del suelo (fertilidad), las alternativas y modificaciones genéticas para los productos agrícolas. Por último, se identifican aspectos relevantes tales como la biomasa, el maíz y la madera.

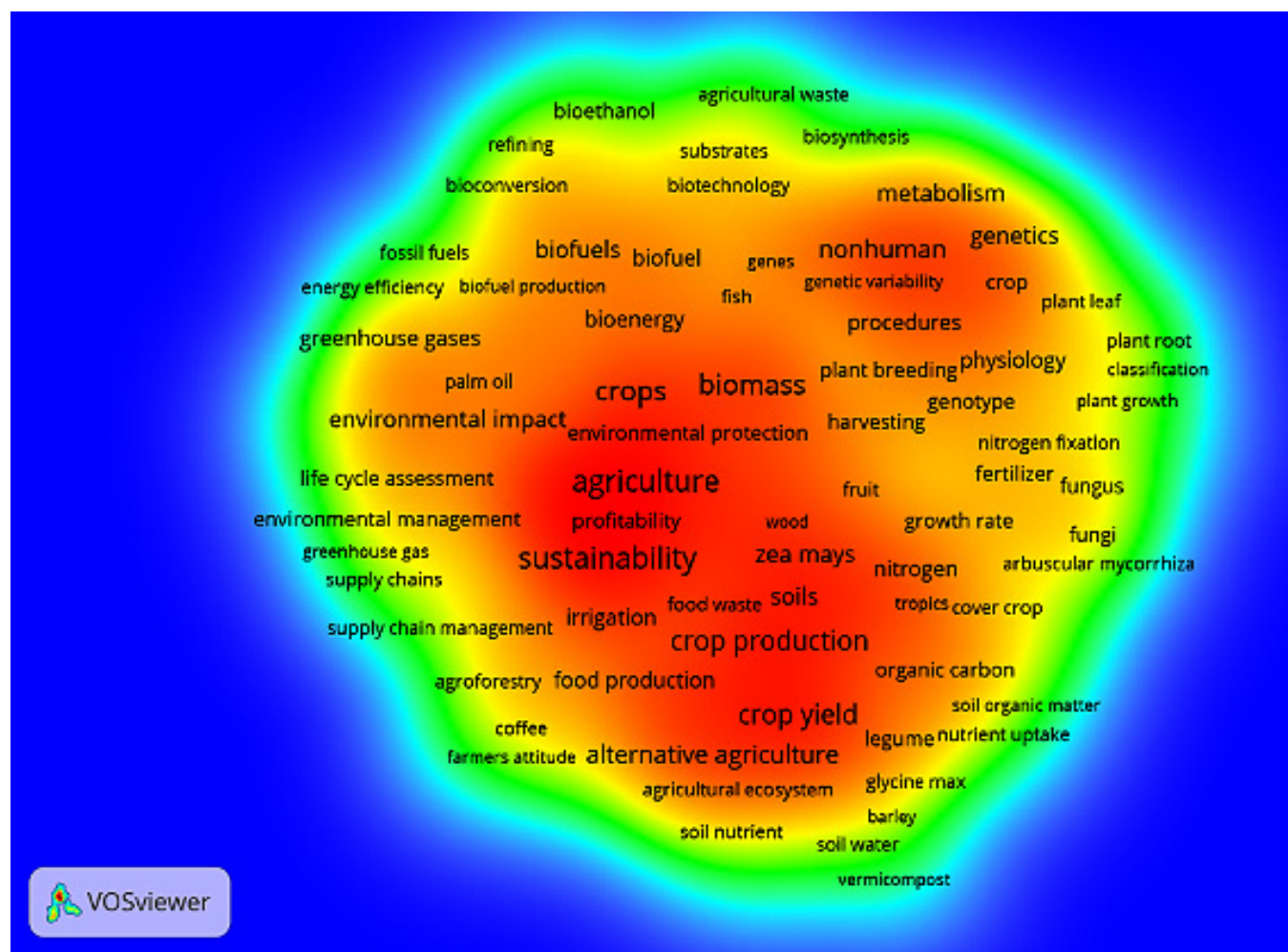


Fig. 26. Mapa de densidad de todas las palabras claves —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

Por otro lado, el mapa de palabras claves de autor mostrado en la Fig. 27 arrojó un resultado de 45 palabras claves con una frecuencia  $\geq 5$ . Además, se obtuvieron 7 clústeres los cuales están conformados por las mismas temáticas de los seis clústeres del mapa de visualización de todas las palabras claves, pero con la diferencia que son representadas por términos específicos que representan de manera general las temáticas; el área de energías renovables se encuentra disperso en dos clústeres. Las palabras claves más utilizadas por los autores aparte de sostenibilidad y producción sostenible son: rendimiento, biomasa y cambio climático.

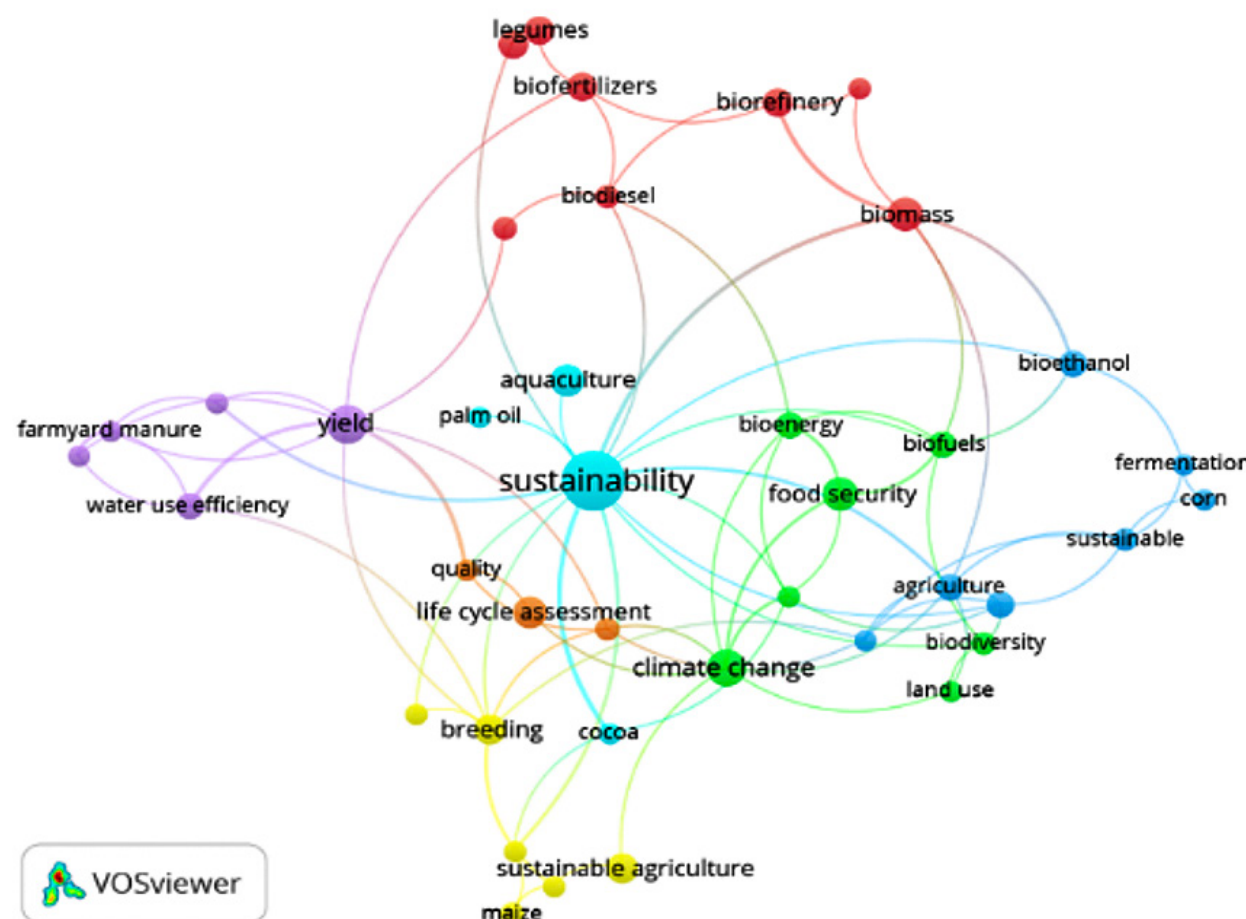


Fig. 27. Mapa de ocurrencia palabras clave de autor —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

• *Análisis de cooperación entre países*

La interacción entre los países más productivos se muestra en la Fig. 28 como un diagrama de red de coautoría de VOSviewer. La cooperación entre países está liderada por Estados Unidos, seguido por India, China, Alemania, Italia y Brasil.

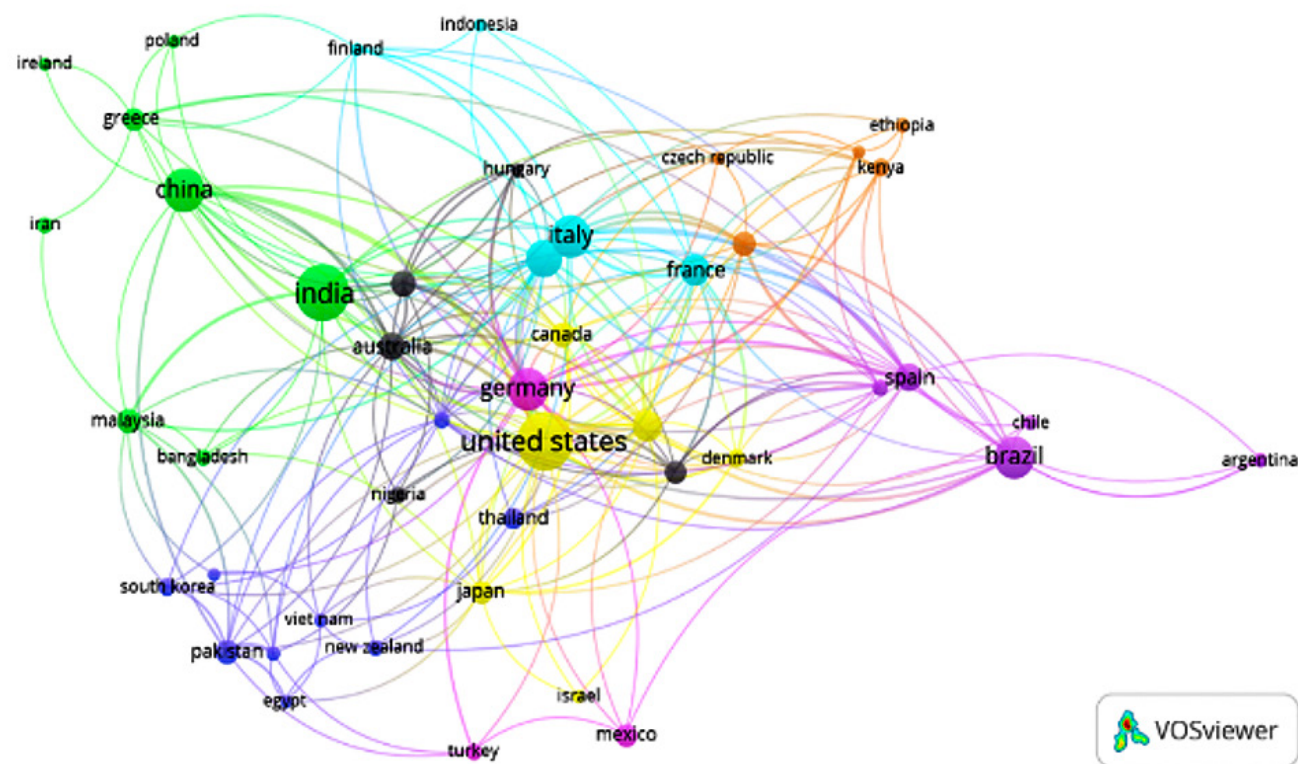


Fig. 28. Redes de colaboración entre países —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

En total son 8 clústeres. El primer clúster, color azul, está conformado por 9 países, la mayoría pertenecientes al continente asiático; la relación más fuerte allí se da entre Pakistán, Corea Del Sur, Arabia Saudita, Egipto y Filipinas. El segundo clúster de color verde tiene un total de 8 países pertenecientes a Asia y Europa, entre los cuales se destaca India que está relacionado con Sur África, Australia, Hungría, Italia, Reino Unido, Canadá, Alemania, Malasia, Bangladesh y Estados Unidos, entre otros. Organizados según su grado cercano de relación; en este también se encuentra China, como uno de los fuertes productores, que está estrechamente relacionado con Polonia, Irlanda, Malasia, Sur África, Australia, Canadá y otros.

El tercer clúster, color morado, está conformado por seis países de América y Europa entre los cuales se encuentra Brasil, España, Noruega, Colombia, Chile y Argentina. Entre los mayores productores se encuentra Brasil que está estrechamente relacionado con Chile y Argentina, de igual manera se encuentra España que está estrechamente relacionado con Chile, Noruega y Dinamarca. El cuarto clúster, color amarillo, está conformado por 6 países pertenecientes a Asia, Europa y América. Entre ellos se destaca Estados Unidos, Países bajos y Canadá. Estados Unidos se encuentra relacionado con muchos países de todos los clústeres y con quienes guardan una estrecha relación son Alemania, Tailandia, Suecia, Países Bajos, Canadá y Suiza. Por su parte Canadá guarda una estrecha relación con Alemania, Reino Unido, Francia, Países Bajos y Estados Unidos.

El quinto clúster, color negro, está conformado por 5 países perteneciente a África, Oceanía y Europa; se destaca entre ellos Australia y se relaciona estrechamente con Sur África y Suecia. El sexto clúster, color azul agua marina, está conformado por Finlandia, Francia, Indonesia, Italia y Reino Unido; entre los cuales se destaca Italia, Reino Unido y Francia. El séptimo clúster, color naranja, está conformado por países de Europa y África; entre los cuales se destaca Portugal, quien tiene estrechas relaciones con Francia, Republica Checa, España e Italia. Por último, está el octavo clúster, color fucsia, está conformado por Alemania, México y Turquía; dentro el cual se destaca en un mayor grado Alemania por sus diversas relaciones internacionales.

En la Fig. 29 se muestra un mapa de densidad donde se resaltan con color rojo los países con mayor producción, como también se puede observar con un poco menos de producción los países que se encuentran entre el color amarillo, verde y azul agua marina. Expandiéndose en color según el grado de producción.

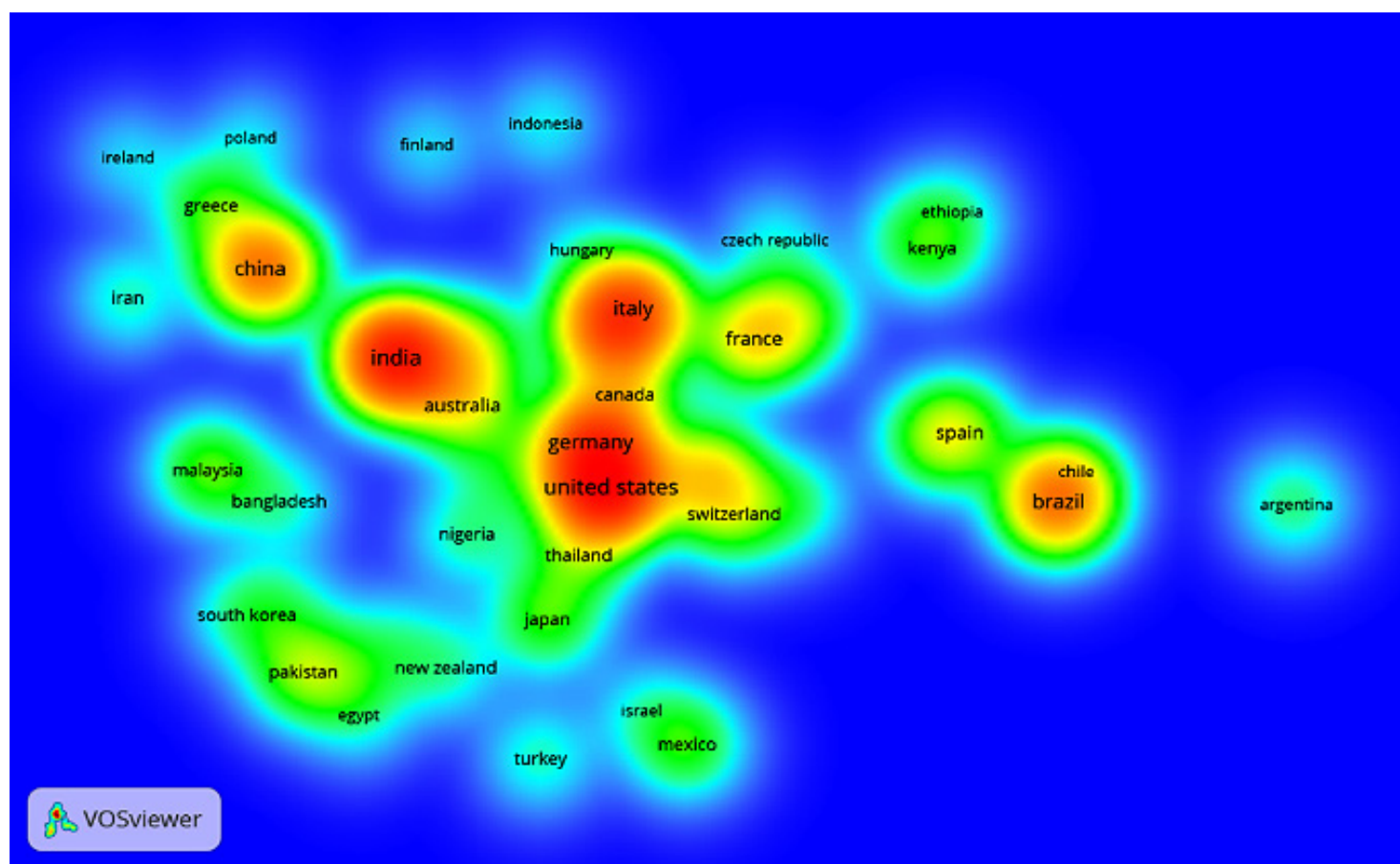


Fig. 29. Mapa de densidad de países —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

Acerca de los porcentajes de producción científico por cada clúster se pueden observar en la [Tabla 4](#).

TABLA 4.  
REPRESENTACIÓN DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA POR CLÚSTER EN PORCENTAJE.

Clúster	# Documentos	Porcentaje
Clúster 1	84	12.5%
Clúster 2	211	31.3%
Clúster 3	102	15.1%
Clúster 4	178	26.4%
Clúster 5	73	10.8%
Clúster 6	135	20.0%
Clúster 7	45	6.7%
Clúster 8	76	11.3%
Total	674	100%

Fuente: Elaboración propia.

• *Análisis de redes sociales*

Cuando se describió las características de las investigaciones en el presente documento, se pudo demostrar que la producción documental de los autores es relativamente baja, por esta razón en los parámetros de creación del mapa se estableció que el mínimo número de documentos publicados por autor sea de 3 con el fin de obtener una muestra representativa. La [Fig. 30](#) permite identificar la estructura de las colaboraciones científicas. Con siete grupos de autores formados de 5, 4, 3, 2 personas; cada grupo ayuda a identificar claramente los vínculos sociales alrededor de los autores en el mundo académico, es decir, el análisis de coautoría implica una relación temporal y colegiada que la ubica más directamente en el ámbito del análisis de redes sociales [31].

El grupo central, pertenecientes a Aligarh Muslim University de India, conformado por Khan, Zaidi, Saif, Rizvi y Shahid tienen 5 trabajos en conjunto excepto por Shahid que solo ha trabajado en tres; En resumen, se demuestra que el vínculo social que ellos manejan es fuerte y se debe porque están concentrado en la misma institución.



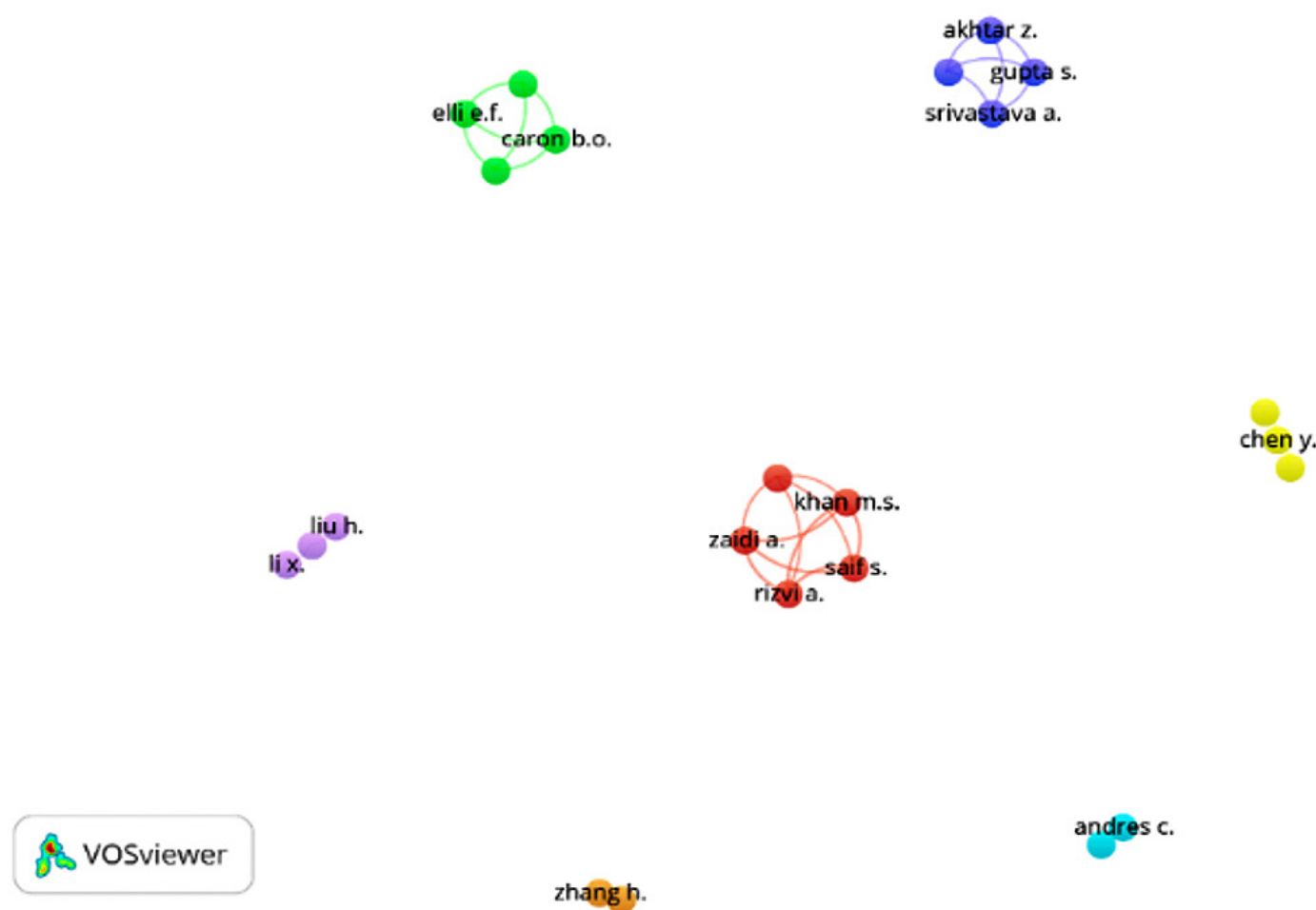


Fig. 30. Clústeres de autores —agricultura.  
Fuente: Elaboración a partir de datos de Scopus y haciendo uso de VOSviewer.

El segundo grupo lo conforman Akhtar, Gupta, Srivastava y Singh quienes trabajan en Govind Ballabh Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar en la India. De manera general, se puede observar que los autores asociados por cada clúster pertenecen al mismo país y se puede notar que sus afiliaciones para cooperar se dan de dos formas: de carácter interinstitucional (pertenecen a diferentes instituciones a nivel nacional) o hacen parte de la misma institución; cabe resaltar que existen autores afiliados en varias instituciones o han cambiado de instituto. Como es el caso del tercer grupo, el cual sus autores pertenecen a la Universidade Federal de Santa Maria en Brasil, pero Elli hizo parte de esa institución y actualmente pertenece desde el año 2016 a Universidade de Sao Paulo.

### III. CONCLUSIONES

En el presente documento se desarrolló el perfil de las investigaciones globales en la temática de producción sostenible para las 1 524 publicaciones sobre industrias y 1 684 publicaciones sobre agricultura indexadas en la base de datos Scopus, además de analizar 120 documentos indexados en IEEE y Springer Link por cada lineamiento temático con el fin de conocer los enfoques específicos de las teorías dadas en estas bases de datos contempladas en el universo de publicaciones de Scopus. La ciencia métrica fue la metodología aplicada a lo largo del documento, para el desarrollo del trabajo, primero, se estableció un conjunto de indicadores bibliométricos que permitieron describir la evolución de las publicaciones, las instituciones, países, áreas temáticas, revistas y autores con mayores publicaciones. Segundo, se realizó un análisis para identificar los patrones y tendencias con ayuda de herramientas tecnológicas, y, por último, se analizaron las teorías presentes en 120 publicaciones para tener un enfoque específico de los temas principalmente importantes.

En la agricultura para la información recogida en Scopus, se descubrió que las primeras investigaciones se registran desde el año 1982 siguiendo un comportamiento de crecimiento exponencial a lo largo de la línea temporal hasta la actualidad, siendo el año 2018 con mayor volumen de publicaciones. El área temática de mayor producción es de ciencias agrícolas y biológicas y la revista *Acta Horticulturae* de Bélgica sitúa un gran porcentaje de estudios en esta categoría, a pesar de estar clasificada como una revista con bajo factor de impacto, encabeza el volumen de publicaciones y se ha mantenido publicando. Dentro del top 5 de revista se encuentran tres categorizadas con un alto factor de impacto, una con impacto medio y una con impacto bajo.

Esto muestra que gran parte de las revistas categorizadas son de gran importancia dentro del área de desempeño. Así mismo, en la industria se descubrió que las primeras investigaciones se registraron en 1979, desde ese año el número de publicaciones siguió un comportamiento de acuerdo a la ley de crecimiento exponencial de Price, presentándose 2017 como el año con el mayor número de publicaciones. Además, El área temática con mayor concentración de documentos fue el área de las ciencias ambientales con la revista *Journal of cleaner production* haciendo referencia a la producción más limpia. A lo largo de la investigación, en la industria y la agricultura se descubrió que en los índices de producción se destacan aquellos autores cuyas instituciones provienen de la India y oriente medio, incluso en el análisis de cooperación autorial, dos de los clústeres con mayor número de autores también son de instituciones pertenecientes de la India; en la agricultura estos tienen similitud en los estudios sobre los cultivos, la productividad, el rendimiento, los biofertilizantes, la producción agrícola y el cambio climático, en la industria se encuentra similitud en los estudios sobre economía circular, manufactura verde, industria 4.0, biocatálisis, conservación del agua. Sin embargo, el mayor productor de artículos científicos es Estados Unidos, sus temáticas de interés guardan relación con la biomasa, la producción y rendimiento de recursos.

El comportamiento de las palabras claves en el periodo de estudio muestra como la comunidad científica se ha preocupado por garantizar la sostenibilidad desarrollando modificaciones químicas y genéticas que den a los cultivos resistencia ante cualquier amenaza, conservar o fortalecer las propiedades del suelo, integrar las tecnologías limpias a los procesos productivos, usar alternativas menos contaminantes (fertilizantes) en las actividades agrícolas o regular su uso en las cantidades adecuadas, emplear métodos de fabricación y procesamiento más amigables, la producción de energías renovables a partir de desechos, cultivo de algas o cualquier otro componente agrícola, desarrollar, analizar o implementar políticas y parámetros que permitan conservar la biodiversidad del ecosistema, garantizar la seguridad alimentaria a los consumidores, implementar una transición a la industria amigable controlando las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar o reducir el impacto ambiental, calcular la huella de carbono y hacer uso responsable de los recursos naturales haciendo énfasis en el cuidado del agua. Se puede concluir que la cooperación entre autores en temáticas de la agricultura es meramente de carácter nacional y algunas veces se da de carácter interinstitucional, mientras que la industria es más de carácter interinstitucional. Por otro lado, la cooperación entre países está liderada por Estados Unidos, quien ha trabajado con Alemania, Tailandia, Suecia, Países Bajos, Canadá y Suiza. El segundo mayor cooperador y productor son los países pertenecientes al oriente medio, principalmente la india relacionada con Sur África, Australia, Hungría, además de China, Italia, Reino Unido, Canadá, Alemania, Malasia y Bangladesh. Los continentes con mayores países interesados en la temática de la agricultura en los últimos años han sido Europa y Asia, mientras que la tendencia en la industria ha sido norte América y Asia.

#### IV. OPORTUNIDADES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

A partir de los resultados de este trabajo es posible identificar las siguientes oportunidades de investigación que permiten, por una parte, complementar de manera puntual cada tema y por la otra, definir líneas específicas de aplicación de esfuerzos de investigación y desarrollo.

A nivel general, se identifica la necesidad de profundizar en el estudio de las tendencias, la estructura y los retos de cada uno de los campos de aplicación y enfoque identificados, esto es, profundizar en los efectos de la producción sobre la sostenibilidad, el mapeo y la identificación de tendencias tecnológicas para aplicaciones productivas en industria y agricultura, la conceptualización de métodos y herramientas de gestión, optimización y planeación de procesos sostenibles.

Frente a la marcada relación en el uso de los recursos y la sostenibilidad de los procesos, es importante profundizar de qué manera estos resultados son adaptables al contexto de la industria y la agroindustria regional, identificando posibilidades de transferencia, adopción y adaptación de tecnología, el impacto de esta en los procesos y los resultados productivos, económicos, ambientales y sociales derivados.

En el campo de la agricultura se identifican posibilidades de investigación en torno a la identificación de mecanismos para la mejora productiva, la minimización de impactos, el desarrollo de prácticas ambientalmente amigables, la producción sostenible de alimentos (y la seguridad alimentaria como un eje clave de la sostenibilidad de la agroindustria), la conservación de recursos y el aprovechamiento de residuos.

A nivel de industria destaca la intención de desarrollar y profundizar en el estudio de los procesos, la optimización, eficiencia energética, transformación tecnológica, cuidado de los recursos e identificación de estrategias de prevención y minimización de impactos negativos en las dimensiones social, económica, ambiental y productiva.

#### FINANCIAMIENTO

Artículo de investigación financiado por la convocatoria interna para el desarrollo de trabajos de grado en pregrado y posgrado apoyado por la Universidad del Atlántico. Fecha de inicio: julio de 2018. Fecha de Finalización: diciembre de 2019.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al grupo de investigación GTEES y a la Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia) por su continua e incansable colaboración para el desarrollo de la presente investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Ülkü & J. Hsuan, “Towards sustainable consumption and production: Competitive pricing of modular products for green consumers,” *JCLP*, vol. 142, pp. 4230–4242, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.050>
- [2] “Objetivos de Desarrollo Sostenible PNUD,” PNUD. Consultado el 29 de mayo de 2019. [Online]. Disponible en <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- [3] J. Sepúlveda, B. Polo y D. Blanco, “Perfil de las investigaciones en producción sostenible con enfoque en los procesos de la industria y agricultura”, *INGECUC*, vol. 18, no. 1, pp. 1–20, Jun. 2022. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.15>
- [4] J. Foley, N. Ramankutty, K. Brauman, E. Cassidy, J. Gerber, M. Johnston, N. Mueller, C. O’Connell, D. Ray, P. West, C. Balzer, E. Bennett, S. Carpenter, J. Hill, C. Monfreda, S. Polasky, J. Rockstro, J. Sheehan, S. Siebert, D. Tilman & D. Zaks, “Solutions for a cultivated planet,” *Nat*, vol. 478, pp. 337–342, Oct. 2011. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- [5] A. Boada Ortiz, S. Rocchi y M. Kuhndt, *Negocios y Sostenibilidad: Más Allá de la Gestión Ambiental*. BO, CO: POLI, 2012. Disponible en <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/781/Negocios%20y%20sostenibilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] A. Marengo-Escuderos, *Análisis de redes sociales e indicadores de producción y cooperación científica*, en *Cienciometría y bibliometría. El estudio de la producción científica: Métodos, enfoques y aplicaciones en el estudio de las Ciencias Sociales*. BQ, CO: CUR, 2018, cap. 5, pp. 119–146. Recuperado de <https://www.unireformada.edu.co/wp-content/uploads/2019/03/CienciometriayBibliometria-prologo.pdf>
- [7] Y. Suárez y O. Pérez-Anaya, “La evaluación de la actividad científica: Indicadores bibliométricos”, en *Cienciometría y bibliometría. El estudio de la producción científica: Métodos, enfoques y aplicaciones en el estudio de las Ciencias Sociales*, J. H. Ávila-Toscano, S. Valle, E. Saavedra, A. Castro, Y. Suárez, O. Pérez-Anaya, A. D. Marengo-Escuderos, I. Romero-Pérez, A. Pulido-Rojano, A. Maz-Machado, N. Jiménez-Fanjul y M. Soledad Oregioni, BQ, CO: CUR, 2018, cap. 4, pp. 95–117. Recuperado de <https://www.unireformada.edu.co/wp-content/uploads/2019/03/CienciometriayBibliometria-prologo.pdf>
- [8] G. Angulo-Cuentas, E. Galvis-Litsa, M. Gonzlaez-Zabala y J. Barrios, *Ambiente y sostenibilidad una mirada desde la producción científica*. St. Marta, CO: Unimagdalena, 2018. <https://doi.org/10.21676/9789587461626>
- [9] Elsevier, “Scopus Expertly curated abstract & citation database,” Consultado el 29 de mayo de 2019. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>
- [10] L. Codina, “Ecuaciones de búsqueda: qué son y cómo se utilizan en bases de datos académicas 1: Operadores booleanos,” Octubre 28, 2019. [Online]. Disponible en <https://www.lluiscodina.com/ecuaciones-de-busqueda-bases-datos-operadores-booleanos/>
- [11] G. Riggio-Olivares, *Indicadores bibliométricos de la actividad científica de la República Dominicana*. MAD, ES: UC3M, 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/10016/25199>
- [12] M. Guzmán & J. Trujillo, “Los mapas bibliométricos o mapas de la ciencia: una herramienta útil para desarrollar estudios métricos de información”, *Bibl Univ*, vol. 16, no. 2, pp. 95–108, Dic. 2013. <https://doi.org/10.22201/dgb.0187750xp.2013.2.5>
- [13] D. Hwa, E. Klema & R. Mancke, “Markets for Alaskan oil,” *Energy Policy*, vol. 7, no. 1, pp. 23–28, Mar. 1979. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(79\)90048-X](https://doi.org/10.1016/0301-4215(79)90048-X)

- [14] E. Alkaya & G. N. Demirer, "Water recycling and reuse in soft drink/beverage industry: A case study for sustainable industrial water management in Turkey," *Resour Conserv Recycl*, vol. 104, pp. 172–180, Nov 2015. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.011>
- [15] F. Hamzeh, M. Al Hattab, L. Rizk, G. El Samad & S. Emdanat, "Developing new metrics to evaluate the performance of capacity planning towards sustainable construction," *J Clean Prod*, vol. 225, pp. 869–882, Jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.021>
- [16] R. Lee, "Alternative carbon feedstock for the chemical industry? -Assessing the challenges posed by the human dimension in the carbon transition," *J Clean Prod*, vol. 219, pp. 786–796, May. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.316>
- [17] J. Posner & M. McPherson, "Agriculture on the steep slopes of tropical America: Current situation and prospects for the year 2000," *World Dev*, vol. 10, no. 5, pp. 341–353, May. 1982. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(82\)90082-1](https://doi.org/10.1016/0305-750X(82)90082-1)
- [18] International Institute for Sustainable Development, *Sustainability of Canada's Agri-Food System A Prairie Perspective*. WPG, CA: IISD, 1994. Available: <https://www.iisd.org/system/files/publications/agri-food.pdf>
- [19] OBIC. "Bibliometría". Consultado en agosto 15 de 2019. [Online]. Disponible en <https://obic.usal.es/bibliometria>
- [20] J. Sepúlveda, "Estado de la investigación sobre educación para el desarrollo sostenible: un análisis cuantitativo de la producción científica en el periodo 2005-2014", *Rev Luna Azul*, no. 41, pp. 309–322, Dic. 2015. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.17>
- [21] R. Shewfelt & J. D. Henderson, "The future of quality," *Acta Horti*, vol. 604, pp. 49–59, Jul. 2003. <https://doi.org/10.17660/ActaHorti.2003.604.3>
- [22] Elsevier, "Journal of Cleaner Production". Accessed: Aug. 18, 2019. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production>
- [23] M. Cellura, S. Longo & M. Mistretta, "Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study," *J Clean Prod*, vol. 28, pp. 56–62, Jun. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.021>
- [24] D. Gatlin III, F. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. Gibson Gaylord, R. Hardy, E. Herman, G. Hu, Å. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. Souza, D. Stone, R. Wilson & E. Wurtele, "Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review," *Aquac Res*, vol. 38, no. 6, pp. 551–579, Apr. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>
- [25] E. Moiola, F. Salvati, M. Chiesa, R. Siecha, F. Manenti, F. Laio & M. Rulli, "Analysis of the current world biofuel production under a water–food–energy nexus perspective," *Adv Water Resour*, vol. 121, pp. 22–31, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.07.007>
- [26] M. Cherubin, J. Chavarro-Bermeo & A. Silva-Olaya, "Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon," *Agrofor Syst*, vol. 93, no. 5, pp. 1741–1753, Oct. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0282-y>
- [27] F. Cohen & W. Valenti, "Opportunities and constraints for developing low-cost aquaculture of seahorses in mangrove estuaries", *Aquaculture*, vol. 502, pp. 121–127, Mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.031>
- [28] N. van Eck & L. Waltman, "Visualizing Bibliometric Networks," in *Measuring Scholarly Impact: Methods and Practice*, Y. Ding, R. Rousseau & D. Wolfram, eds., Cham, DE: Springer, 2014, pp. 285–320. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13)
- [29] Y. Ding, R. Rousseau & D. Wolfram, *Measuring Scholarly Impact: Methods and Practice*. Cham, DE: Springer, 2014. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-10377-8>
- [30] C. Galvez, "Visualización de las principales líneas de investigación en salud pública: un análisis basado en mapas bibliométricos aplicados a la Revista Española de Salud Pública (2006-2015)", *Rev Esp Salud Publica*, vol. 90, pp. 1–10, Nov. 2016. Disponible en <https://medes.com/publication/117192>
- [31] X. Liu, J. Bollen, M. Nelson & H. Van de Sompel, "Co-authorship networks in the digital library research community," *Inf Process Manag*, vol. 41, no. 6, pp. 1462–1480, Dec. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2005.03.012>

**Juan David Sepúlveda Chaverra.** Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-1057-975X>

**Brayan Darío Polo Gaviria.** Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-0252-2171>

**Dayanna del Carmen Blanco Pico.** Universidad del Atlántico (Barranquilla, Colombia).