





Dinámica científica de software de código abierto en países de habla hispana: estadísticas para la bibliometría

Scientific dynamics of open source software in Spanish-speaking countries: statistics for bibliometrics

Alejandra Mercedes Colina-Vargas
Universidad Ecotec, Samborondón, Ecuador
acolina@ecotec.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0003-1514-8852>

Marcos Antonio Espinoza-Mina
Universidad Ecotec, Samborondón, Ecuador
mespinoza@ecotec.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0003-1530-7243>

Recepción: 17/07/2022 | Aceptación: 11/10/2022 | Publicación: 31/10/2022

Cómo citar (APA, séptima edición):

Colina-Vargas, A. M., y Espinoza-Mina, M. A. (2022). Dinámica científica de software de código abierto en países de habla hispana: estadísticas para la bibliometría. *INNOVA Research Journal*, 7(3.1), 38-63. <https://doi.org/10.33890/innova.v7.n3.1.2022.2134>

Resumen

El software de código abierto está ganando espacio, junto con su cultura y filosofía, se lo usa en algunos casos sin percibir que está presente, como es el caso de Mozilla Firefox, Chromium, el sistema operativo Linux o su derivado Android. Por otra parte, hoy en día, la bibliometría cobra mucha importancia, puesto que, constituye una poderosa herramienta, que influencia en las deliberaciones hechas por académicos o la sociedad en general sobre algún tema tratado. En los últimos años, el uso de software de código abierto se ha desarrollado rápidamente en todo el mundo; sin embargo, no se ha encontrado algún consolidado de los temas relacionados de software de código abierto en la producción científica. El objetivo de este estudio fue explorar las dimensiones y tendencias relacionadas con el software de código abierto en países de habla hispana para la identificación de logros importantes y campos de investigación principales con referencia a este tema. Se realizaron cálculos con los datos extraídos utilizando el lenguaje de programación R para el análisis estadístico, junto al paquete Bibliometrix para determinar variables cuantitativas; mientras que, el enfoque visual bibliométrico se lo realizó utilizando VOSviewer.

Los resultados indican que la investigación relacionada con el software de código abierto en los países de habla hispana ha evolucionado en los últimos años. Muestran cómo las realidades en la producción científica son diferentes, variadas y con un carácter multidisciplinario, pudiendo este tema desempeñar un papel crucial en el desarrollo de estas otras disciplinas.

Palabras claves: bibliometría; tecnología informática; tendencia de la investigación.

Abstract

Open source software is gaining space, along with its culture and philosophy, it is used in some cases without realizing that it is present, as is the case with Mozilla Firefox, Chromium, the Linux operating system or its Android derivative. On the other hand, nowadays, bibliometrics is very important, since it constitutes a powerful tool that influences the deliberations made by academics or society in general on any topic discussed. In recent years, the use of open source software has developed rapidly throughout the world; however, no consolidated topics related to open source software have been found in scientific production. The objective of this study was to explore the dimensions and trends related to open source software in Spanish-speaking countries for the identification of important achievements and main research fields with reference to this topic. Calculations were made with the extracted data using the R programming language for statistical analysis, together with the Bibliometrix package to determine scientometric variables; while the bibliometric visual approach was carried out using VOSviewer. The results indicate that research related to open source software in Spanish-speaking countries has evolved in recent years. They show how the realities in scientific production are different, varied and with a multidisciplinary character, this topic being able to play a crucial role in the development of these other disciplines.

Keywords: bibliometrics; computer technology; research trend.

Introducción

En el área de las tecnologías de la información (TI), el software de código abierto (open source software, OSS) ha sido reconocido por la comunidad de desarrollo de software como una forma efectiva de facilitar aplicaciones informáticas a la sociedad en general (Napoleao et al., 2020). El OSS se despliega de forma gratuita impulsado por el referido grupo de programadores y, como tal, también se proporciona al público sin costo alguno, pero bajo ciertas condiciones de uso y distribución (Höst y Oručević-Alagić, 2011). La calidad del OSS es igual o superior al software propietario, gracias a la comunidad de programadores que contribuye a su mejora.

El impulso que tiene el OSS en las organizaciones de todo tipo, se manifiesta a través de diversos trabajos de investigación, que realizan académicos y científicos en todo el mundo. Por ejemplo, Poba-Nzaou et al. (2019) señalan que, hoy en día los gerentes, están presionados para manejar de mejor forma los datos empresariales, y uno de los requisitos previos para hacerlo es mediante la adopción de herramientas de inteligencia de negocios (business intelligence, BI). Sin embargo, la adopción de estas herramientas sigue siendo baja, debido a los altos costos de adquisición de software de BI propietarias; esto potencia la necesidad de buscar OSS.

El OSS permite la implementación de servidores web, la programación de nuevos sistemas, brinda soluciones de seguridad informática y de comunicaciones, aplicaciones orientadas a la nube y big data, y sistemas multimedia. Existe también, una expansión del desarrollo y uso de millones de paquetes de Android y muchos de ellos son de código abierto, disponibles en diferentes

repositorios, lo que ha convertido a las interfaces de programación de aplicaciones (application programming interface, API) en una parte integral del desarrollo de OSS; estas son interfaces que se utilizan como puntos de entrada al software reutilizable (Lamothe et al., 2022).

Otro caso relacionado a la importancia del OSS, lo plantean Jamaluddin et al. (2018), quienes presentaron un estudio para explorar el uso de un sistema de información geográfico de código abierto para el mapeo y análisis de drogadictos en Malasia. La policía, podría usar esta tecnología para almacenar datos de atributos, capturar imágenes, consultar, analizar y mostrar datos geospaciales de la distribución, venta y consumo de drogas ilegales, de manera relevante y a un costo mínimo, para la prevención de crímenes.

Son diversas las áreas en las que el OSS está presente. Aminpour et al., (2014), en una revisión sistemática, concluyen que varios proyectos sobre la utilización de un registro de salud electrónico (electronic health record, EHR) de código abierto en el mundo, especialmente en los países en desarrollo, confirman el papel efectivo de estos sistemas para mejorar el nivel de atención médica en países con pocos recursos financieros.

Para Wen (2017), es indiscutible que el desarrollo de OSS ha ganado una posición clave en la ingeniería de software actual. Sin embargo, debido a la singularidad del modelo OSS, la seguridad de este tipo de proyectos ha sido ampliamente discutida en las comunidades de seguridad. La cantidad de nuevas vulnerabilidades sigue aumentando en los OSS actuales; es por ello, que los autores señalados, aplicaron un método de revisión sistemática con un enfoque de análisis socio técnico para identificar, extraer y analizar los estudios de seguridad realizados en el contexto del desarrollo de OSS. De ahí que el proceso de selección de una solución de OSS adecuada, que cubra sus necesidades, sin riesgo, es una tarea central. (Syzykova et al., 2017). Estas situaciones son muestras del interés de la comunidad en que los OSS sean promovidos y debidamente aceptados, con todas las garantías y seguridades del caso.

Cabe agregar que, los investigadores también utilizan OSS, para seguimiento y evaluación de sus proyectos, además del análisis e interpretación de la información que manejan, tanto de forma cuantitativa como cualitativa. En el área de investigación científica, los OSS se constituyen como un importante apoyo; en este contexto, para ayudar a los científicos a realizar una revisión sistemática o un metanálisis, de la manera más eficiente y transparente posible; por ejemplo, van de Schoot et al. (2021) diseñaron una herramienta de OSS, asistida por aprendizaje automático, para acelerar el paso de la selección de títulos y resúmenes.

Sánchez et al. (2020) señalan que, el OSS se está convirtiendo en una opción estratégica para muchas organizaciones del sector público y privado, sin embargo, la mayoría de los administradores de TI no están utilizando ninguna herramienta ni procedimiento que les permita evaluar la adopción de este tipo de soluciones. Por ello, es necesario motivar a los investigadores y profesionales en general, a trabajar en pautas para la adopción de este tipo de software.

Por otra parte, se utiliza la bibliometría para analizar la literatura existente y obtener una comprensión general de años de investigación sobre un tema en particular. Los estudios

bibliométricos presentan la evolución de la temática elegida, asegurando la calidad y objetividad de la evaluación de la revisión a través de un procedimiento sistemático (Gao et al., 2022).

Se emplean hoy en día, herramientas cuantitativas, que integran el análisis cuantitativo, representado por el análisis cuantitativo, con el mapeo del conocimiento y la agrupación de palabras clave; esto proporciona una visión general completa y objetiva del estado actual de la investigación en el campo y sirve de referencia científica para investigaciones posteriores. (Zhang et al., 2022). Además, ayuda a identificar, analizar y organizar los principales elementos del foco de búsqueda para mostrar la evolución de las tendencias en el tema (García-Corral et al., 2022).

La bibliometría, de forma genérica es considerada como aquella que presenta datos generados sobre publicaciones. Las estadísticas aplicadas a la bibliometría ofrecen múltiples posibilidades de análisis; además, concebidas en un periodo definido, ofrecen una fotografía instantánea del rendimiento de la investigación científica. La bibliometría como herramienta cuantitativa, permite constatar, el resultado del proceso de la investigación, el que a menudo también desempeña un papel importante para lograr el éxito en los círculos académicos (Borgohain, 2020). El análisis bibliométrico en diversas disciplinas se utiliza para evaluar el desarrollo de la publicación en un área específica de investigación, para identificar los resultados y las tendencias de la investigación global (Idriss et al., 2021).

Retomando la importancia que se debe considerar entorno al OSS, se plantea el hecho de que, a diferencia de la programación de software tradicional, el desarrollo de OSS está impulsado por la colaboración entre programadores dispersos geográficamente, motivados por objetivos e intereses comunes (Napoleao et al., 2020). Esta forma de trabajo distribuida también debe ser aprovechada por las diferentes comunidades tecnológicas regionales.

A pesar de que la mayoría de las publicaciones científicas de alto impacto son llevadas en el idioma inglés, se debe recordar que el idioma español es muy importante a nivel global, porque es la segunda lengua que más se habla. Según el Instituto Cervantes (2021), los países hispanohablantes son veinte y uno: México, Colombia, España, Argentina, Perú, Venezuela, Chile, Guatemala, Ecuador, Bolivia, Cuba, República Dominicana, Honduras, Paraguay, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica, Uruguay, Panamá, Puerto Rico y Guinea Ecuatorial.

Este trabajo tuvo como objetivo explorar detalladamente las dimensiones y tendencias relacionadas con el OSS en países de habla hispana, para la identificación de logros importantes y aquellos campos de investigación destacados con referencia a este tema. Para alcanzar este objetivo, se aplicaron definiciones estadísticas y bibliométricas, apoyadas con el software R y el paquete Bibliometrix; además, se emplearon técnicas de superposición cartográfica y mapas de visualización, para representar secuencias y sus relaciones de diferentes componentes descriptivos de las publicaciones científicas, a través del software VOSviewer.

Metodología

La base de datos utilizada para recuperar la información a analizar en este artículo fue Scopus, base de datos producida por la editorial Elsevier Science, la cual, cubre más de 18.000 títulos de revistas, de diferentes disciplinas, revisados por pares de editores internacionales,

conformada por millones de referencias. Por su importancia, esta base de datos es considerada en la mayoría de los estudios bibliométricos (Rehn et al., 2014). Se emplea actualmente como base, para visualizar las tendencias actuales y los puntos críticos recientes (Maphosa y Maphosa, 2022).

Se buscó la producción científica relacionada con OSS; la cadena de búsqueda utilizada fue: "libre software" OR "software libre" OR "software de código abierto" OR "open source software" OR "free software" OR "FOSS" OR "FLOSS" OR "OSSD" OR "F/OSS" OR "F/OSSD" OR "F/LOSS". Se obtuvo 1376 documentos, que cumplieron con las palabras claves y otros filtros, entre los que se encontraban estudios previos, revisiones, informes prácticos o de metaanálisis.

Adicionalmente, se procedió a tamizar el resultado de las publicaciones en función de: años de publicación: 2011 al 2021, países de habla hispana: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, España, Guinea Ecuatorial, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Uruguay y Venezuela; tipo de documento: artículos, e idioma: inglés y español. Los términos de búsqueda y la estrategia de investigación relacionados con el OSS se muestran en la figura 1.

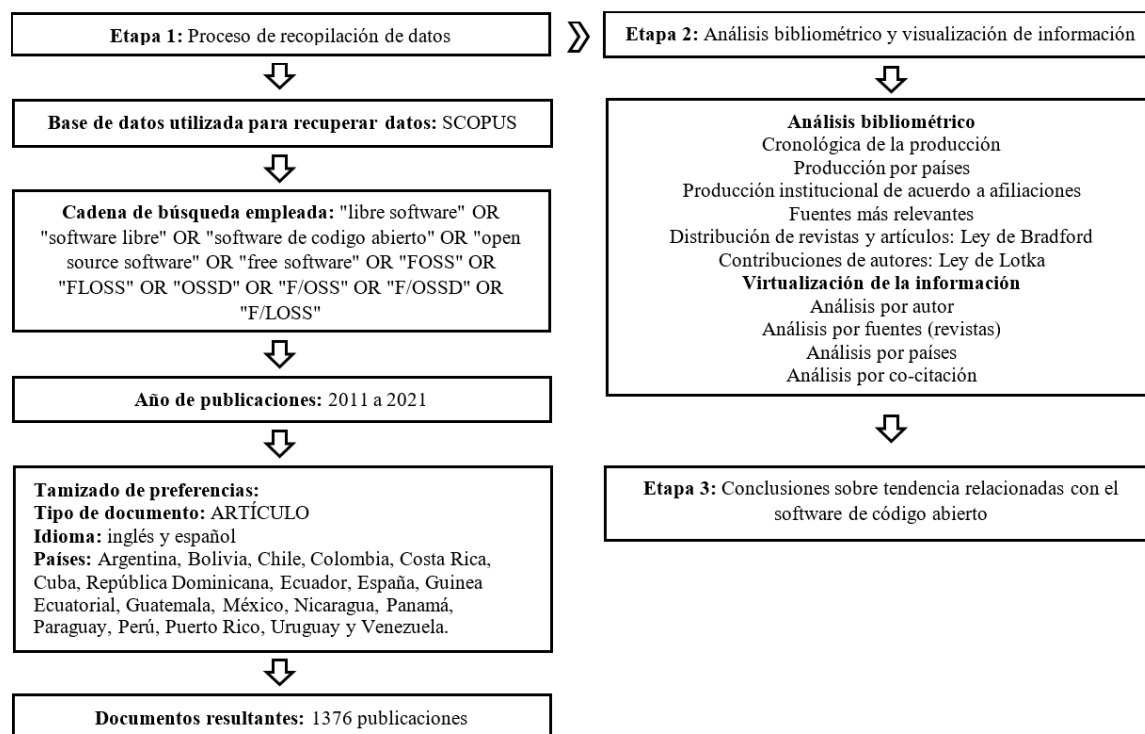
La Etapa 1 (ver figura 1), por su parte, comprende el proceso de recopilación de los datos, es decir, la extracción de publicaciones de la base de datos de Scopus, se identificaron, como se mencionó antes, 1376 publicaciones relacionadas con OSS, cuyos registros contienen información completa, entre las que se destacan: título del artículo, resumen, palabra clave, nombre del autor, fecha de publicación, referencias, entre otros. Estos datos fueron tamizados según una serie de criterios necesarios para el estudio.

Luego, los datos completos derivados de la primera etapa fueron utilizados en el análisis bibliométrico y la visualización de información correspondiente a la Etapa 2. Esta última etapa, comprende la realización de cálculos con los datos extraídos utilizando el lenguaje de programación R para el análisis estadístico, junto al paquete Bibliometrix, lo cual, permitió determinar variables cuantitativas; entre las que destacan: cronológica de la producción, producción por países, producción institucional de acuerdo a afiliaciones, fuentes más relevantes, distribución de revistas y artículos, a través de la Ley de Bradford, las contribuciones de autores por medio de la Ley de Lotka, ver figura 1.

Para el análisis y visualización se utilizó VOSviewer, software de tipo libre, creado por Van Eck and Waltman (2010), el cual, cuenta con una interfaz gráfica de usuario amigable; esta herramienta permite la visualización de los mapas generados de forma fácil (Zyoud et al., 2018), utilizando técnicas de superposición cartográfica y mapas de visualización de densidad, para representar secuencias y sus relaciones de diferentes componentes descriptivos de las publicaciones científicas, como son: análisis por autor, análisis por fuentes (revistas), el análisis por países, el análisis por co-citación. Posteriormente, de la presentación e interpretación de resultados, se desarrollaron conclusiones sobre tendencia relacionadas con el OSS, correspondiente a la Etapa 3, ver figura 1.

Figura 1

Etapas del análisis bibliométrico de la producción científica relacionada con OSS



Resultados y Discusión

Tras el análisis bibliométrico ejecutado, apoyado en el lenguaje de programación R para el análisis estadístico, junto al paquete Bibliometrix y el software VOSviewer, se plantea, a continuación, una serie de indicadores centrados en los siguientes puntos:

- Cronológica de la producción
- Producción por países
- Producción institucional de acuerdo a afiliaciones
- Fuentes más relevantes
- Distribución de revistas y artículos: Ley de Bradford
- Contribuciones de autores: Ley de Lotka
- Análisis por autor
- Análisis por fuentes (revistas)
- Análisis por países
- Análisis por co-citación

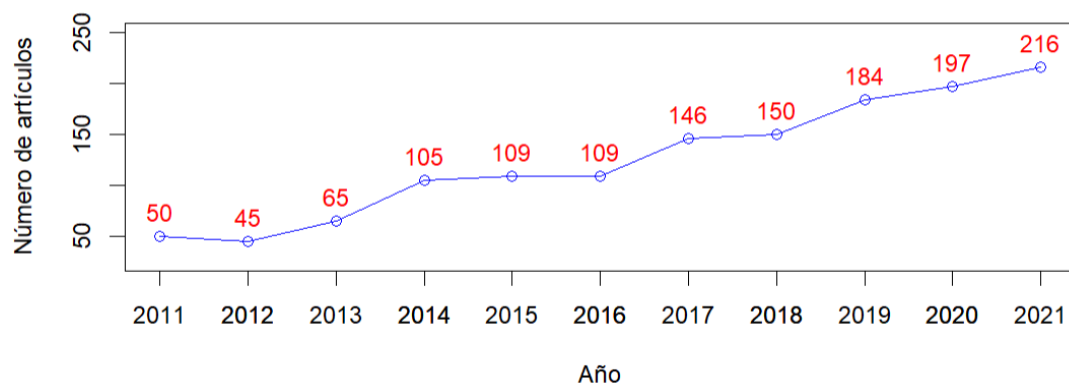
Cronología de la producción

Para el periodo del año 2011 al 2021, fueron evaluados un total de 1376 documentos seleccionados, cuyo primer autor tiene filiación de un país hispanohablante. La producción por

total de artículos, como se muestra en la figura 2, mantuvo, aunque con un par de excepciones, un crecimiento anual, dando como resultado una tasa del 15.76%.

Figura 2

Cronología de la producción por total de artículos



Producción por países

De un total de 51 países de los autores, que entraron por sus artículos seleccionados, a evaluación, se identificaron a 14 países de habla hispana, sobre la base del total de publicaciones, que publican temas relacionados al software de código abierto, ver tabla 1.

Entre los 1376 artículos evaluados, los autores correspondientes de 563 publicaciones proceden de España (Spain), seguido con una distancia extremadamente amplia de autores de México, que tuvo 71. España tiene una sólida colaboración nacional, con 405 publicaciones de un solo país (indicativo de colaboración dentro del país) y 158 publicaciones de varios países (indicativo de colaboración entre países). Sin embargo, de los países listados, todos, excepto España, tienen un índice bajo de publicaciones en varios países, es decir, con un índice inter-país inferior a 0,50, lo que plantea una menor colaboración internacional.

Tabla 1

Países de los autores con mayor cantidad de artículos

País	Artículos	Frecuencia	Índice de colaboración intra-país	Índice de colaboración inter-país	de Relación Inter-país
España	563	0,534156	405	158	0,281
México	71	0,067362	55	16	0,225
Argentina	56	0,053131	44	12	0,214
Chile	45	0,042694	24	21	0,467
Colombia	38	0,036053	24	14	0,368

País	Artículos	Frecuencia	Índice de colaboración intra-país	Índice de colaboración inter-país	de Relación Inter-país
Ecuador	14	0,013283	3	11	0,786
Cuba	12	0,011385	7	5	0,417
Costa rica	6	0,005693	5	1	0,167
Venezuela	6	0,005693	4	2	0,333
Paraguay	4	0,003795	0	4	1,000
Perú	3	0,002846	3	0	0,000
Uruguay	3	0,002846	1	2	0,667
República Dominicana	1	0,000949	1	0	0,000
Guatemala	1	0,000949	1	0	0,000

En la tabla 2 se presentan los 14 países hispanohablantes presentes con producción científica en el rango de años definido, con su respectiva cantidad de citas. Se destaca España con un total de 13.224 citas, que abarcan el 86,51% del total de 15.268 de los países hispanohablantes. Es decir, tan solo el 13,49% del total de citas, está distribuido en los 13 países restantes del listado.

Como dato a destacar de lo presentado, se encuentra que, a pesar de que Argentina tiene un número mayor de trabajos de investigación que Chile, ver tabla 1, este último país tiene un mayor número de citas que Argentina, ver tabla 2. Esto demuestra la relevancia y pertinencia de emplear técnicas de bibliometría en las investigaciones actuales (Duque y Cervantes-Cervantes, 2019).

Tabla 2

Países con mayores citas

País	Citas	Citas promedio de artículos	de Porcentaje de acuerdo a citas
España	13224	23,49	86,51
México	424	5,97	2,77
Chile	408	9,07	2,67
Argentina	386	6,89	2,53
Colombia	301	7,92	1,97
Costa rica	208	34,67	1,36
Venezuela	91	15,17	0,60
Cuba	86	7,17	0,56
Ecuador	75	5,36	0,49
Uruguay	39	13,00	0,26
Paraguay	32	8,00	0,21
Guatemala	11	11,00	0,07
República Dominicana	1	1,00	0,01
Perú	0	0,00	0,00
Totales	15268	-	100

Algunos de los títulos listados de mayor relevancia con filiación de España son: “Evaluación de Software Libre Para la Gestión de Archivos Administrativos” de Moreiro et al. (2011), “Evaluation of FLOSS by Analyzing Its Software Evolution: An Example using the Moodle Platform” de Macho et al. (2015), “Facilitating Constructive Alignment in Power Systems Engineering Education Using Free and Open-Source Software” de Vanfretti & Milano (2012), “Adopting Free/Libre/Open Source Software Practices, Techniques and Methods for Industrial Use” de Torkar et al. (2011), “Software libre: una oportunidad para los investigadores” de Rius & Gonzalez (2011), “Free and Open Source Software in Translator Education. The MINTRAD Project” de González (2013), “El software libre en la investigación médica” de Seoane Pillado et al. (2011), “Digital Commons as new Infrastructure” de Berlinguer (2022), “Loosen control without losing control: Formalization and decentralization within commons-based peer production” de Rozas & Huckle (2021), “Trends in Free, Libre, Open Source Software Communities: From Volunteers to Companies” de Gonzalez-Barahona & Robles (2013), “Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP propietarios” de Oltra Badenes et al. (2011), “Studying the laws of software evolution in a long-lived FLOSS Project” de Gonzalez-Barahona et al. (2014), “Open Source Software for Mathematics and Statistics Teaching” de Rabadán-Pérez & Coscolluela-Martínez (2016), “Understanding How Companies Interact with Free Software Communities” de Gonzalez-Barahona et al. (2013), “La Ley 11/2007, de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos” y el uso del software libre en la Administración Pública” de Del Valle García (2013), “p-MtreeRing: A Graphical User Interface for X-ray Microdensity Analysis” de García-Hidalgo et al. (2021), “FOSES: Framework for open-source software evaluation and selection” de Adewumi et al. (2019), “El software libre y el Open Knowledge como comunidades de conocimiento paradigmáticas” de Alonso & D’Antonio (2015), “Are Developers Fixing Their Own Bugs? Tracing Bug-fixing and Bug-seeding Committers” de Izquierdo-Cortazar et al. (2011), “Communicating social responsibility in the free software sector” de García-García & de Magdaleno (2014).

Con filiación de México, algunos de los títulos de producción científica relevante son: “An MADM risk-based evaluation-selection model of free-libre open source software tolos” de Mora et al. (2016), “A low-cost, free-software platform with hard real-time performance for control engineering education” de González-Vargas et al. (2019), “Software propietario vs software libre: una evaluación de sistemas integrales para la automatización de bibliotecas” de Arriola Navarrete et al. (2011), “Programas informáticos de uso libre y su aplicación en la enseñanza de la estadística” de González y Acosta (2013), “SARA – An enhanced curve number-based tool for estimating direct runoff” de Hernández-Guzmán y Ruiz-Luna (2013), “Turbidity Measurement System for Aquaculture Effluents Using an Open- Source Software and Hardware” de Valenzuela y Sosa (2018), “Difusión del software libre geoespacial: el caso QGIS México” de Gallardo-Salazar (2021), “Exploring the communication functions of comments during bug fixing in Open Source Software projects” de Ramírez-Mora et al. (2021), “Dimensional Error in Rapid Prototyping with Open Source Software and Low-cost 3D-printer” de Rendón-Medina et al. (2018).

Producción institucional de acuerdo a filiaciones

De los datos evaluados se reportan 2.126 filiaciones diferentes de todo el mundo, en la tabla 3 se presentan las 10 instituciones con mayor número de artículos de los datos extraídos. Es pertinente recordar que los datos analizados corresponden a la producción científica, en donde al menos, un autor posee filiación de un país hispanohablante.

Las tres primeras instituciones con mayor número de artículos son universidades españolas, la cuarta con 26 artículos es de una institución mexicana, la quinta una vez más es de España. De las 10 instituciones expuestas, solo una pertenece a un país que no es hispanohablante.

Tabla 3

Instituciones más relevantes según filiación de los autores y sus artículos

Institución	Artículos	Porcentaje
Universidad Politécnica de Madrid	44	1,12
University of Granada	34	0,86
University of Córdoba	30	0,76
Universidad Nacional Autónoma de México	26	0,66
Universidad de Sevilla	23	0,58
Universitat Politècnica De València	23	0,58
University of Murcia	23	0,58
University of Oxford	22	0,56
Universidad de Chile	21	0,53
Universidad Rey Juan Carlos	20	0,51

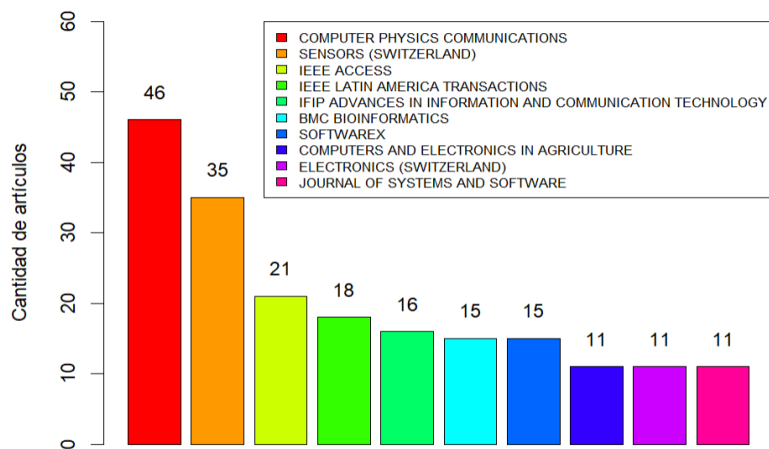
Fuentes más relevantes

La productividad de la investigación es la medida en que los profesionales académicos se involucran en una investigación y publican artículos científicos referidos a las mismas, en revistas referidas, actas de congresos, escriben un capítulo de libro, entre otros (Borgohain, 2020). Se seleccionaron las 10 fuentes (revistas) más relevantes de los datos procesados. De ellas se destacan: Computer Physics Communications, Sensors (Switzerland), IEEE Access, IEEE Latin America Transactions, e IFIP Advances In Information and Communication Technology; ver figura 3.

Todas las áreas temáticas se incluyeron en el estudio porque las publicaciones científicas, para este caso OSS, cubrían una base de conocimientos multidisciplinarios y no se limitaban a un campo específico (Gao et al., 2022). Esto se evidencia al observar los campos relacionados con TI, de las diez primeras fuentes de la producción analizada.

Figura 3

Fuentes más relevantes por la cantidad de artículos presentes en los datos analizados



Distribución de revistas y artículos: Ley de Bradford

Bradford (1934) planteó la hipótesis de que unas pocas revistas podrían publicar la mayor cantidad de artículos sobre un tema especializado: para cualquier disciplina, un tercio de los recursos representan las revistas más frecuentes de esa disciplina designada como fuente principal de publicación.

En el presente estudio se calculó el núcleo de Bradford (zona 1) el que consta de 52 revistas que publicaron 456 artículos (ver tabla 4). La zona 1 representa las principales fuentes para publicar artículos sobre software de código abierto y representa el 7% de las 769 fuentes que son el total. La media de artículos publicados por revista en este primer grupo es de 8,77 artículos. La zona 2 consta de 466 artículos publicados en 236 revistas, mientras que, el resto de los artículos pertenecientes a la zona 3 se publicaron en 454 revistas diferentes. El promedio de artículos publicados por revista desciende a 1,77 en el segundo grupo y a 1 en el tercero. Con estos resultados, se confirma que la producción científica relacionada con el software de código abierto es desigual, siguiendo los lineamientos de la ley de Bradford.

Tabla 4

División de revistas según las zonas de la ley de Bradford

Zonas	Revistas	Porcentaje revistas	Artículos	Porcentaje artículos	Promedio artículos por revista
Zona 1	52	7%	456	33,1	8,77
Zona 2	263	34%	466	33,9	1,77
Zona 3	454	59%	454	33	1
TOTAL	769	100%	1376	100	-

La aplicación práctica de la ley de Bradford proporciona los mecanismos para seleccionar las revistas más productivas y relevantes para cubrir un área determinada del conocimiento. En la Tabla 5 destacan las revistas *Computer Physics Communications* y *Sensors (Switzerland)*, seguidas de *IEEE Access*, que es una revista científica de acceso abierto, e *IEEE Latin America Transactions* de contenidos en idioma español y portugués, enfocada a las áreas de Computación, Energía (Eléctrica) y Electrónica; siendo estas dos últimas publicadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

Tabla 5

Veinte primeras revistas pertenecientes a la zona uno según ley de Bradford

Revistas	R	F	FA	PF	PFA	Z
Computer Physics Communications	1	46	46	0,0334302	0,0334302	1
Sensors (Switzerland)	2	35	81	0,0254360	0,0588663	1
IEEE Access	3	21	102	0,0152616	0,0741279	1
IEEE Latin America Transactions	4	18	120	0,0130814	0,0872093	1
IFIP Advances In Information and Communication Technology	5	16	136	0,0116279	0,0988372	1
BMC Bioinformatics	6	15	151	0,0109012	0,1097384	1
SoftwareX	7	15	166	0,0109012	0,1206395	1
Computers and Electronics In Agriculture	8	11	177	0,0079942	0,1286337	1
Electronics (Switzerland)	9	11	188	0,0079942	0,1366279	1
Journal of Systems And Software	10	11	199	0,0079942	0,1446221	1
RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao	11	11	210	0,0079942	0,1526163	1
Computer Applications in Engineering Education	12	10	220	0,0072674	0,1598837	1
Energies	13	10	230	0,0072674	0,1671512	1
Environmental Modelling and Software	14	10	240	0,0072674	0,1744186	1
Plos One	15	10	250	0,0072674	0,1816860	1
Astronomy and Computing	16	9	259	0,0065407	0,1882267	1
Applied Sciences (Switzerland)	17	8	267	0,0058140	0,1940407	1
Computer Methods and Programs in Biomedicine	18	8	275	0,0058140	0,1998547	1
IEEE Communications Magazine	19	8	283	0,0058140	0,2056686	1
Information and Software Technology	20	8	291	0,0058140	0,2114826	1

R: Ranking, F: Frecuencia, FA: Frecuencia acumulada, PF: Porcentaje de frecuencia, PFA: Porcentaje de frecuencia acumulada, Z: Zona

Contribuciones de autores: Ley de Lotka

Una fórmula general conocida como Ley de Lotka (1926) se puede escribir como: $x^n y = c$, donde y es la frecuencia de autores que realizan n contribuciones cada uno y c es una constante.

Debido a que la función $y = \frac{c}{x^n}$ tiene un comportamiento curvilíneo se aplica logaritmos para llevarla a la linealidad, transformando la expresión de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \log y &= \log \frac{c}{x^n} \\ \log y &= \log c - \log x^n \\ \log y &= \log c - n \log x \\ y &= 10^{\log c - n \log x} \end{aligned} \quad (1)$$

La tabla 6 presenta los resultados del cálculo de la distribución de la productividad científica, tanto observada como teórica, el coeficiente beta fue de 4,10177 y la constante 1,042313. Así mismo, la bondad de ajuste, que se refiere a una prueba estadística que determina qué tan bien se ajustan los datos de una muestra a una distribución de una población con una distribución normal, fue de 0,9792897.

Tabla 6

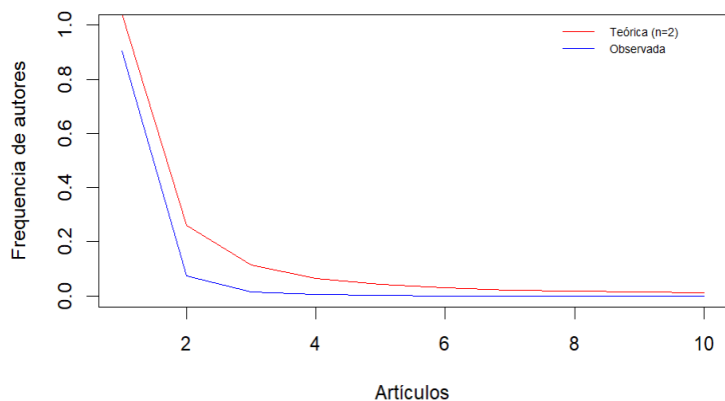
Distribución observada y teórica de la productividad científica

Número de artículos	Número de autores	Frecuencia (Distribución Observada)	Apariciones de autor	Distribución Teórica
1	5601	0,90411622	5601	1,04231271
2	461	0,07441485	922	0,26057818
3	93	0,01501211	279	0,11581252
4	27	0,00435835	108	0,06514454
5	8	0,00129136	40	0,04169251
6	3	0,00048426	18	0,02895313
7	1	0,00016142	7	0,02127169
10	1	0,00016142	10	0,01042313
Totales	6195	1	6985	-

La prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnoff, que es un método no paramétrico de prueba de diferencias significativas entre las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas, de una distribución, proporciona un valor p de 0,0878664; lo que significa, que no hay una diferencia significativa entre las distribuciones de Lotka observadas y teóricas. Las distribuciones teóricas fueron calculadas en base a (1) con $n=2$, y se grafican para verificación visual en la figura 4.

Figura 4

Distribución observada y teórica (ley de Lotka) del número de autores en relación con el número de artículos originales



Análisis por autor

Se utilizó la función del software VOSviewer denominada análisis de red de acoplamiento bibliográfico (AB) para el agrupamiento de datos en documentos, la cual, permite la obtención de un mapeo de las actividades de investigación de los autores activos; obteniendo con ello, un capto más realista del estado actual de la investigación del campo objeto de estudio.

Para la ejecución del cálculo, se establecen una serie de criterios, tales como, el máximo el número de autores por documentos en 25, valor predeterminado; se procede a limpiar los datos extraídos de Scopus utilizando el *thesaurus* de autores que posee el mismo software. Dentro de las especificaciones de elección están: un mínimo número de documentos de un autor en 5, un mínimo número de citas de un autor en 1, dando como resultado el cálculo de total de fuerza de enlace determinando el peso de la visualización tomando en cuenta la citación, es decir, para 13 autores de un total de 5693, equivalente al 0.028%.

En la figura 5, se muestran 7 autores fuertemente conectados a nivel de citas, los cuales, están representados con una etiqueta y un círculo con color, siendo el más importante de los autores aquel que exhiba mayor tamaño en el círculo y su etiqueta, para el estudio, Herrera F. (España), el más activo. En la Tabla 7, presenta el listado de los diez primeros autores con una mayor fuerza de enlace de las citas entre ellos.

Figura 5

Visualización del resultado del análisis de la función de acoplamiento bibliográfico por autores de VOSviewer



Tabla 7

Listado de autores con mayor fuerza de enlace de relación de citaciones

Nº	Apellido del autor	Citaciones
1	Herrera F.	2271
2	Marrero-Ponce Y.	169
3	Barigye S.J.	163
4	Robles G.	153
5	González I.	123
6	Andújar J.M.	100
7	González-Barahona J.M.	89

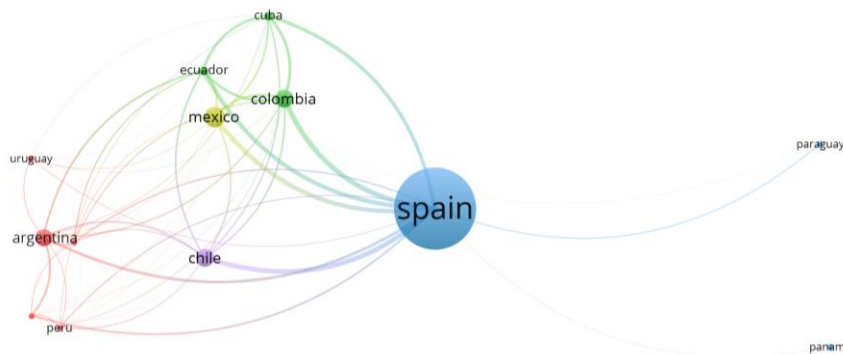
Análisis por países

El acoplamiento bibliográfico (AB) se conoce como aquella asociación entre dos documentos, establecidos cuando se comprueba que tienen en común una alta proporción de palabras clave, descriptores, citas u otras indicaciones simples de lo que se trate en el análisis. Los enlaces de AB entre publicaciones indican el número de referencias citadas que tienen en común (Van Eck y Waltman, 2020), medidas en esta oportunidad por países.

En el análisis basado en el AB por países se definieron como criterios antes de la selección que el máximo número de países por documentos eran 25, el mínimo número de documento de un país 5, mínimo número de citaciones de un país 1, resulta de ello, 92 países; 45 se encuentran dentro del límite para ser calculadas la relación total de AB, equivalente al 45.02%. De estos 13 países resultantes, la figura 6 revela los nombres de los países representados con etiquetas y círculos, cuántas más citaciones tiene un país, más grande es su etiqueta y su círculo, para este estudio España (Spain) se considera el país más activo de los países hispanos hablantes seleccionados.

Figura 6

Visualización del resultado del análisis de la función de acoplamiento bibliográfico por países de VOSviewer



Análisis por fuentes (revistas)

Con el análisis de acoplamiento bibliográfico (AAB), se midió de igual manera, la fuerza total de enlace de acoplamiento del número de referencias, a partir del documento citado que dos publicaciones tienen en común referencias, es decir, aquellos contenidos parecidos.

Se tomaron los datos extraídos de Scopus para este estudio, que representan 1.376 publicaciones con el software VOSviewer; se obtuvo el AAB para fuentes, fijando el mínimo número de documentos de una fuente en 5, y el mínimo número de citaciones de una fuente en 1. La selección se realizó con 41 fuentes, los cuales, están enlazados con otros documentos. Al mapear el resultado, la red de ilustración presenta un conjunto de fuentes (revistas) representados por círculos y etiquetas, mostrando en esta oportunidad 37 fuentes, cuyos resultados se ilustran en figura 7 y tabla 8, destacándose en mayor tamaño de etiqueta y círculo por ser la fuente más citada BMC bioinformatics (Reino Unido), ganando con ello mayor visibilidad.

De esta manera, se forman los clústeres temáticos basados en las fuentes que citan, siendo en este caso de los 37 ítems elegidos la conformación de seis clústeres, representados en los seis diferentes colores de la figura 6 cuya orientación de la división de las publicaciones en temáticas o clústeres están relacionados con las simultáneas referencias, empleadas en un contexto específico de estudio (Zupic y Cater, 2015).

Figura 7

Visualización del resultado del análisis de la función de acoplamiento bibliográfico por fuente (revista) de VOSviewer

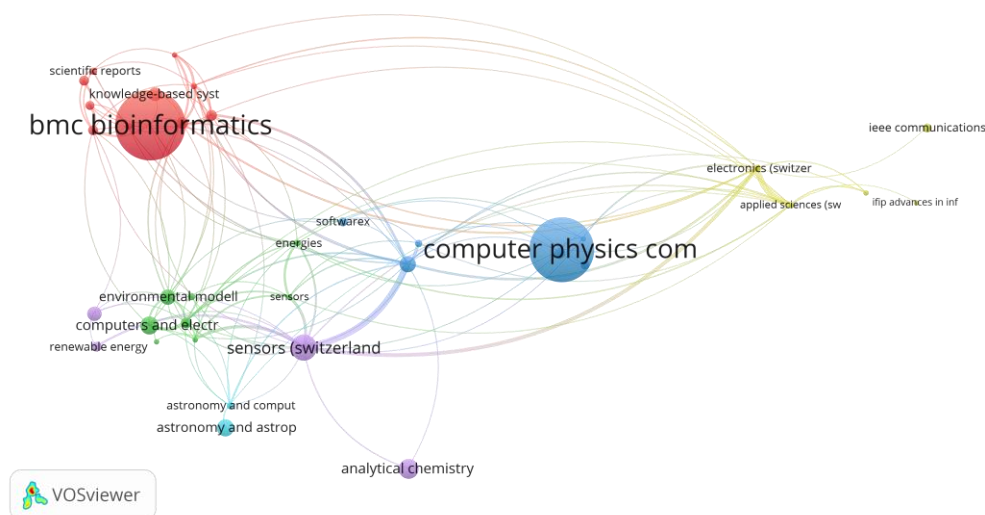


Tabla 8

Listado de fuentes con mayor fuerza de enlace, con más citaciones

Nº	Fuente	Citaciones
1	BMC Bioinformatics	3208
2	Computer Physics Communications	2779
3	Sensors (Switzerland)	561
4	Analytical Chemistry	344
5	Computers And Electronics In Agriculture	288
6	Astronomy And Astrophysics	256
7	IEEE Access	253
8	Environmental Modelling And Software	213
9	Agricultural Water Management	192
10	Knowledge-Based Systems	174

Análisis por co-citaciones

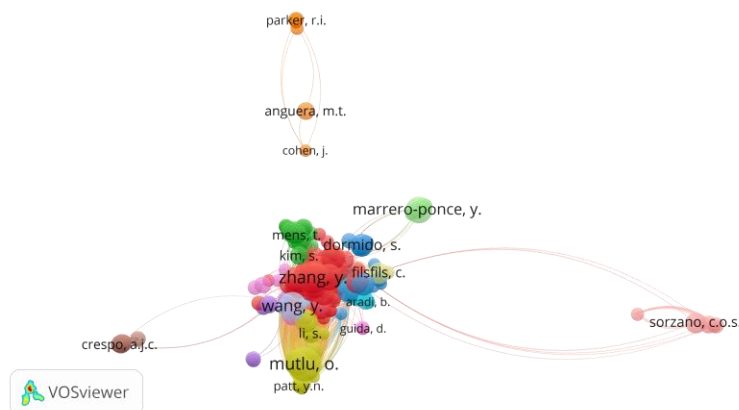
El análisis por co-citaciones se plantea para una relación, en la cual, la literatura de dos autores es citada simultáneamente por un tercer autor (Guo, Yi-Ming et al., 2019), es decir, hace referencia a la co-ocurrencia dos documentos cuando son citados juntos por un tercero, en otro documento.

Para la obtención de las co-citaciones de autores y revistas se utilizó VOSviewer. En el primer caso, se obtuvo el análisis de co-citación por autores citados, cuyos criterios del cálculo se determinaron en un método de conteo que permita el cálculo total de ocurrencias de una cita en todos los documentos (Fidelia, et al. 2021) “Full counting”, uso del *thesaurus* de autor del propio programa, y con 20 como mínimo del número de citaciones de un autor.

De 96632 autores, un mínimo número de 270 se encuentra dentro del límite para el cálculo. De ellas 266 ítems conforman el conjunto de mayor conexión, tal como se presenta en la figura 8, destacándose temas representados con etiquetas y círculos, cuya distancia entre dos elementos refleja la fuerza de la relación entre ellos; en este caso, se observa que la distancia es corta entre ciertos grupos con los mismos colores, es decir, los clústeres fuertemente relacionados entre sus miembros; así como también, el círculo y etiqueta de mayor tamaño, mayor co-citaciones para el autor Mutlu, O, con la mayor cantidad de veces que dos fuentes son citadas conjuntamente.

Figura 8

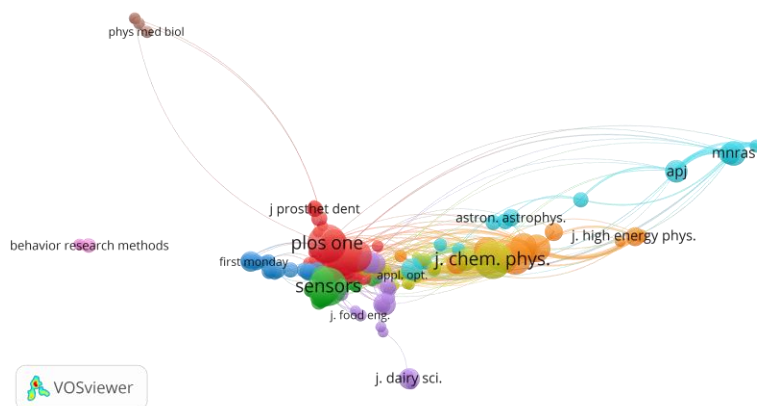
Visualización del resultado del análisis por co-citación de autores citados de VOSviewer



Por otro lado, se tiene el análisis de co-citaciones, como unidad de análisis a las fuentes citadas; se siguió las especificaciones del cálculo dadas por un método de conteo “Full counting” y 20 como mínimo del número de citas de una fuente. De las 27175 fuentes, un número de 209 se encuentra dentro del límite para el cálculo. De ellas 207 ítems ha sido confirmadas en el conjunto de mayor conexión, tal como se presenta en la figura 9, destacándose entre círculos y etiquetas de mayor tamaño, con diferencia de colores, es decir, pertenecen a clústeres diferentes, las revistas “PLOS ONE” de Estados Unidos y “sensors” de Suiza, ambas multidisciplinarias, por ser las más citadas.

Figura 9

Visualización del resultado del análisis por co-citación de fuentes citadas de VOSviewer



Análisis por términos

El análisis y selección de palabras clave se llevó a cabo utilizando el software VOSviewer de creación de mapas, basado en datos de texto, en el cual, se seleccionó como unidad de análisis

todas las palabras claves (tanto de autor como de indexación), las cuales, fueron extraídas de los campos de título y resumen de las publicaciones obtenidas de Scopus.

Se filtraron aquellas que tienen un mínimo de 30 ocurrencias, escogiendo dentro de los criterios de conteo el método “Full counting”, adicionándole el *thesaurus* de temas que posee el software. Donde de 36176 términos, los más relevantes que están en el límite evaluado del modelo se encontraron 259. Se procedió a verificar los términos seleccionados, mostrando los primeros 15 en la tabla 99 y las relaciones de términos a través de un mapa de visualización de densidad donde cada punto en el mapa tiene un color que depende de la densidad de elementos en ese punto, si el término es más denso significa que tiene mayor cantidad de ocurrencia, para este caso “system”, “model” y “analysis” mostrados en la figura 10. El término más denso del mapa confirma los supuestos teóricos revisados en esta investigación, en atención a la aplicación y tendencia del OSS, que son los sistemas, utilizados en las múltiples disciplinas científicas.

Figura 10

Visualización de densidad del resultado del análisis por términos en VOSviewer

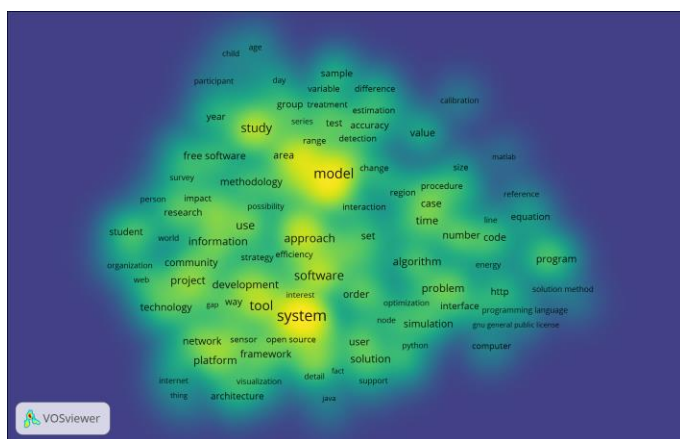


Tabla 9

Listado de diez términos con mayor ocurrencia

Nº	Término	Ocurrencias	Relevance score
1	system	1165	0.1661
2	model	957	0.1908
3	analysis	893	0.2789
4	data	858	0.0902
5	tool	699	0.2031
6	software	661	0.0995
7	study	650	0.5352
8	application	587	0.1579
9	paper	512	0.12
10	use	458	0.1072

N°	Término	Ocurrencias	Relevance score
11	approach	454	0.114
12	algorithm	413	0.2895
13	platform	391	0.8103
14	development	388	0.2285
15	project	376	0.9868

Conclusiones

La evolución del software se caracteriza por cambios inevitables y complejidades cada vez mayores, lo que puede generar costos enormes si el software no puede adaptarse fácilmente a los cambios (Breivold et al., 2010). Ante esto, los profesionales y sociedad en general, deben tener claridad en lo que ha pasado y está sucediendo en diversas áreas de las tecnologías de información.

De la bibliometría emergen destacadas investigaciones y su aplicación en el mundo real, da respuesta a esa necesidad constante de contar con información actualizada y relevante, aporta a investigadores u organizaciones, generando nuevo conocimiento.

Los académicos utilizan diferentes enfoques cualitativos y cuantitativos de revisión de la literatura para comprender y organizar los hallazgos científicos; a diferencia de otras técnicas, la bibliometría proporciona análisis más objetivos y fiables (Aria y Cuccurullo, 2017). Ahora bien, como todo debe ser evaluado, una de las estrategias para determinar la productividad de la investigación es acceder a la cantidad de publicaciones que el investigador ha realizado (Borghain, 2020), junto con otras importantes variables que afinan esta valoración.

El objetivo del presente estudio fue explorar las dimensiones y tendencias relacionadas con el OSS en países de habla hispana, y de esta forma plantear aquellos logros importantes en esta temática y los campos de investigación principales de este tipo de aplicativo informático. Se exponen, a continuación, los más destacados resultados de las actividades realizadas, para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

Se efectuó un análisis estadístico y bibliométrico visualizado, en artículos indexados en Scopus publicados entre 2011 y 2021. Se buscó y extrajo la literatura publicada sobre código abierto, empleando los términos más representativos para formar la cadena de búsqueda, aplicada en el título, las palabras claves y el resumen. En el procesamiento de los datos extraídos de Scopus, se estudió y empleó procedimientos estadísticos a través del software R, junto al paquete Bibliometrix y para la creación de mapas, el aplicativo VOSviewer.

De los 21 países hispanohablantes, tan solo 14 tienen producción científica en la base de datos Scopus en el periodo evaluado. La tasa de crecimiento de producción científica en que intervinieron autores de países de habla hispana, relacionada al OSS del 2011 al 2021 fue del 15.76%.

Al evaluar solo los países de habla hispana con producción científica, se señala que España lidera tanto en cantidad de publicaciones (563), como la de citas (13224); la principal crítica se dirige al resto de países hispanohablantes por cuanto los totales de sus resultados de producción

científica se encuentran muy lejos de las cifras españolas. Algo positivo es que la colaboración intra-país supera en la mayoría de los casos a la inter-país, es decir, se está reportando una buena relación de investigadores entre diversos países.

Los temas tratados y relacionados con OSS son muy diversos, como lo son, los de tipo administrativo, para la gestión de aprendizaje, la educación, idiomas, las tecnologías de la información, de industria, producción, servicios públicos, sistemas de georeferenciación, comunicaciones, entre otros.

Se destacan variadas instituciones según la filiación de los autores, ocupando los primeros puestos por su cantidad de artículos, universidades principalmente españolas; las cinco primeras son: la Politécnica de Madrid, la de Granada, la de Córdoba, la Nacional Autónoma de México y la de Sevilla.

Aquellos que quisieran conocer más de OSS pueden suscribirse a las revistas que captaron un mayor número de artículos científicos, entre ellas: *Computer Physics Communications*, *Sensors (Switzerland)*, *IEEE Access*, *IEEE Latin America Transactions*.

A través de la ley de Bradford se constató que unas pocas revistas (52 de un total de 769) publican la mayor cantidad de artículos sobre un tema especializado, que para este caso fueron los relacionados con OSS, ya que captaron 456 artículos de 1376. De acuerdo a esto, es importante hacer un recorrido por las publicaciones referentes a OSS de aquellas revistas que se encuentran en la denominada Zona 1.

Adicionalmente, según la ley de Lotka, se hizo una verificación de las frecuencias observadas y teóricas de las contribuciones de los autores, confirmando dicha ley, que señala la existencia de una desigualdad en la productividad de los autores; es decir la mayoría de los autores (para este estudio, 5601 de 6195 autores) tienen un número bajo de publicaciones (un solo artículo), y pocos autores tienen una mayor cantidad de artículos.

Entre los resultados encontrados, se tiene el análisis de red de acoplamiento bibliográfico en documentos para la obtención de un mapeo de las actividades de investigación de los autores activos, de las fuentes y países; obteniendo con ello, un capto más realista del estado actual del software de código abierto. Se destaca como autor activo a “Herrera F.”, con un número de citas (2271) muy alejado de quien le sigue “Marrero-Ponce Y.” (169).

Al mismo tiempo, como primera fuente destacable esta “BMC Bioinformatics” con 3208 citas, seguida de “Computer Physics Communications”, la cual, lidera por su número de artículos. Una vez más se resalta la importancia de conocer diferentes variables y resultados para una mejor caracterización.

Por su parte, una vez más por análisis de acoplamiento, a nivel de países, surgen seis clústeres destacando a “España”. En la misma línea, en el análisis de co-citación de autores citados, se destaca “Onur Mutlu”; y en las fuentes citadas, describe como las revistas más citadas a “PLOS ONE” de Estados Unidos y “sensors” de Suiza, ambas con producción científica multidisciplinaria.

En cuanto, a los temas con más ocurrencia están las palabras “system” (sistema), “model” (modelo), “analysis” (análisis), “data” (datos) y “tool” (herramienta).

Para finalizar, es importante comprender la evolución de la producción científica que ha hecho referencia al software de código abierto. Se identificaron los temas principales que reciben la vigilancia de los investigadores y que pueden convertirse en el próximo foco de atención en el desarrollo de nuevo software de código abierto. Se propone para futuros estudios, que se realicen trabajos de investigación con un enfoque cualitativo, se evalúe y comparen detalladamente la producción científica de diferentes países de habla hispana, dentro de una misma área territorial.

Referencias Bibliográficas

- Adewumi, A., Misra, S., Omoregbe, N., & Sanz, L. F. (2019). FOSSES: Framework for open-source software evaluation and selection. *Software: Practice and Experience*, 49(5), 780-812. <https://doi.org/10.1002/spe.2682>
- Aguiar, R., Mora, D., & Rodríguez, M. (2015). CEINCI-LAB. A free software to find the seismic capacity curve of frames with ADAS or TADAS dissipators. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(1), 37-53. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732016000100004>
- Alonso, A., y D’Antonio, S. (2015). El software libre y el Open Knowledge como comunidades de conocimiento paradigmáticas. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 20(69), 83-92. <https://bit.ly/3MEteS3>
- Aminpour, F., Sadoughi, F., & Ahamdi, M. (2014). Utilization of open source electronic health record around the world: A systematic review. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19(1), 57-64.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Arriola Navarrete, O., Tecuatl Quechol, G., y González Herrera, G. (2011). Software propietario vs software libre: Una evaluación de sistemas integrales para la automatización de bibliotecas. *Investigación Bibliotecológica. Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 25(54), 37. <https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2011.54.27480>
- Berlinguer, M. (2022). Digital Commons as new Infrastructure. A new generation of public policy for digital transformation. *Umanistica Digitale*, 11, 5-25. <https://doi.org/10.6092/ISSN.2532-8816/13695>
- Borgohain, D. J. (2020). *Research Output of Dibrugarh University: A Scientometric Analysis based on Scopus Database*. Library Philosophy and Practice (e-journal). <https://bit.ly/3giJY5m>
- Bradford, S. C. (1985). Sources of information on specific subjects 1934. *Journal of Information Science*, 10(4), 176-180. <https://doi.org/10.1177/016555158501000407>
- Breivold, H. P., Chauhan, M. A., & Babar, M. A. (2010). A Systematic Review of Studies of Open Source Software Evolution. *2010 Asia Pacific Software Engineering Conference*, 356-365. <https://doi.org/10.1109/APSEC.2010.48>
- Del Valle García, D. (2013). La «Ley 11/2007, de Acceso Electrónico de los Ciudadanos a los Servicios Públicos» y el uso del software libre en la Administración Pública. *Revista General de Información y Documentación*, 23(1). https://doi.org/10.5209/rev_RGID.2013.v23.n1.41692

- Duque, P., y Cervantes-Cervantes, L.-S. (2019). Responsabilidad Social Universitaria: Una revisión sistemática y análisis bibliométrico. *Estudios Gerenciales*, 451-464. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.153.3389>
- Gallardo-Salazar, J. L. (2021). Difusión del software libre geoespacial: El caso QGIS México. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(2), 532-543. <https://bit.ly/3S7Hx2w>
- Gao, Y., Wong, S. L., Khambari, M. N. Md., & Noordin, N. (2022). A Bibliometric Analysis of the Scientific Production of e-Learning in Higher Education (1998-2020). *International Journal of Information and Education Technology*, 12(5), 390-399. <https://bit.ly/3MC8Hxg>
- García-Corral, F. J., Cordero-García, J. A., de Pablo-Valenciano, J., & Uribe-Toril, J. (2022). A bibliometric review of cryptocurrencies: How have they grown? *Financial Innovation*, 8, 2. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00306-5>
- García García, J., & Alonso Magdaleno, M. I. (2014). Communicating social responsibility in the free software sector. *Universia Business Review*, 41, 98-124. <https://bit.ly/3CIkaa6>
- García-Hidalgo, M., García-Pedrero, Á. M., Caetano-Sánchez, C., Gómez-España, M., Lillo-Saavedra, M., y Olano, J. M. (2021). ρ -MtreeRing: A Graphical user interface for X-ray microdensity analysis. *Forests*, 12(10), 1405. <https://doi.org/10.3390/f12101405>
- González, M. G. (2013). Free and open source software in translator education. The MINTRAD Project. 5(2), 24.
- González, S. H., y Acosta, J. H. C. (2013). Programas informáticos de uso libre y su aplicación en la enseñanza de la estadística. *Investigación Operacional*, 34(2), 166-174.
- Gonzalez-Barahona, J. M., Izquierdo-Cortazar, D., Maffulli, S., y Robles, G. (2013). Understanding how companies interact with free software communities. *IEEE Software*, 30(5), 38-45. <https://doi.org/10.1109/MS.2013.95>
- Gonzalez-Barahona, J. M., & Robles, G. (2013). Trends in Free, Libre, Open Source Software Communities: From Volunteers to Companies. *Itit*, 55(5), 173-180. <https://doi.org/10.1515/itit.2013.1012>
- Gonzalez-Barahona, J. M., Robles, G., Herraiz, I., & Ortega, F. (2014). Studying the laws of software evolution in a long-lived FLOSS project. *Journal of Software: Evolution and Process*, 26(7), 589-612. <https://doi.org/10.1002/smr.1615>
- González-Vargas, A. M., Serna-Ramirez, J. M., Fory-Aguirre, C., Ojeda-Misses, A., Cardona-Ordoñez, J. M., Tombé-Andrade, J., & Soria-López, A. (2019). A low-cost, free-software platform with hard real-time performance for control engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(2), 406-418. <https://doi.org/10.1002/cae.22084>
- Guo, Y.-M., Huang, Z.-L., Guo, J., Guo, X.-R., Li, H., Liu, M.-Y., Ezzeddine, S., & Nkeli, M. J. (2021). A bibliometric analysis and visualization of blockchain. *Future Generation Computer Systems*, 116, 316-332. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.10.023>
- Guo, Y.-M., Huang, Z.-L., Guo, J., Li, H., Guo, X.-R., & Nkeli, M. J. (2019). Bibliometric Analysis on Smart Cities Research. *Sustainability*, 11(13), 3606. <https://doi.org/10.3390/su11133606>
- Hernández-Guzmán, R., & Ruiz-Luna, A. (2013). SARA – An enhanced curve number-based tool for estimating direct runoff. *Journal of Hydroinformatics*, 15(3), 881-887. <https://doi.org/10.2166/hydro.2013.145>

- Höst, M., & Oručević-Alagić, A. (2011). A systematic review of research on open source software in commercial software product development. *Information and Software Technology*, 53(6), 616-624. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.009>
- Ibekwe, F., Bochi, F., & Martínez-Ávila, D. (2021). Mapping the evolution of topics published by Education for Information: Interdisciplinary Journal of Information Studies. *Education for Information*, 37(4), 545-563. <https://doi.org/10.3233/EFI-211559>
- Idriss, L. T., Hussain, M., Khan, M., Ahmad, T., Muhammad, K., Baig, M., Khan, M. M., & Inamullah. (2021). Mapping of global research output in congenital cataracts from 1903 to 2021. *Medicine*, 100(48), e27756. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000027756>
- Instituto Cervantes. (2021). *El español: Una lengua viva. Informe 2021*. Instituto Cervantes.
- Izquierdo-Cortazar, D., Capiluppi, A., Gonzalez-Barahona, J. M., & Carlos, U. R. J. (2011). *Are developers fixing their own bugs? Tracing bug-fixing and bug-seeding committers*. 22. <https://doi.org/10.4018/jossp.2011040102>
- Jamaluddin, A. S., Rasam, A. R. A., Khalid, N., & Halim, M. A. (2018). Exploring Open Source GIS for Drug Mapping and Analysis in Malaysia. *2018 IEEE 8th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 91-96. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2018.8606360>
- Lamothe, M., Guéhéneuc, Y.-G., & Shang, W. (2022). A systematic review of API evolution literature. *ACM Computing Surveys*, 54(8), 1-36. <https://doi.org/10.1145/3470133>
- Liao, H., Tang, M., Luo, L., Li, C., Chiclana, F., & Zeng, X.-J. (2018). A bibliometric analysis and visualization of medical big data research. *Sustainability*, 10(2), 166. <https://doi.org/10.3390/su10010166>
- Lotka, A. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 8.
- Macho, H. J., Robles, G., & González-Barahona, J. M. (2015). Evaluation of FLOSS by analyzing its software evolution: an example using the moodle platform. *Journal of Information Technology Research*, 8(1), 62-81. <https://doi.org/10.4018/JITR.2015010105>
- Maphosa, M., & Maphosa, V. (2022). A bibliometric analysis of the effects of electronic waste on the environment. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 8(4). <https://doi.org/10.22034/GJESM.2022.04.10>
- Mora, M., Gómez, J. M., O'Connor, R. V., & Gelman, O. (2016). *An MADM risk-based evaluation-selection model of free-libre open source software tools*. 29. <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2016.081665>
- Moreiro, J.-A., Sánchez-Cuadrado, S., Palacios, V., y Barra, E. (2011). Evaluación de software libre para la gestión de archivos administrativos. *El Profesional de la Información*, 20(2), 206-213. <https://doi.org/10.3145/epi.2011.mar.12>
- Napoleao, B. M., Petrillo, F., & Halle, S. (2020). Open source software development process: a systematic review. *2020 IEEE 24th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)*, 135-144. <https://doi.org/10.1109/EDOC49727.2020.00025>
- Oltra Badenes, R. F., Gil Gómez, H., y Bellver López, R. (2011). Factores diferenciales entre los ERP de software libre (FSw ERP) y los ERP propietarios. *Dirección y Organización*, 44, 64-73. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i44.370>
- Poba-Nzaou, P., Uwizeyemungu, S., & Saada, M. (2019). Critical barriers to business intelligence open source software adoption: *International Journal of Business Intelligence Research*, 10(1), 59-79. <https://doi.org/10.4018/IJBIR.2019010104>

- Rabadán-Pérez, F., & Cosculluela-Martínez, C. (2016). Open source software for mathematics and statistics teaching. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*.
- Ramírez-Mora, S. L., Oktaba, H., Gómez-Adorno, H., & Sierra, G. (2021). Exploring the communication functions of comments during bug fixing in Open Source Software projects. *Information and Software Technology*, 136, 106584. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106584>
- Rendón-Medina, M. A., Andrade-Delgado, L., Telich-Tarriba, J. E., Fuente-del-Campo, A., & Altamirano-Arcos, C. A. (2018). Dimensional error in rapid prototyping with open source software and low-cost 3D-printer. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*, 6(1), e1646. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000001646>
- Rius, R., & Gonzalez, J. A. (2011). Software libre: Una oportunidad para los investigadores. *Medicina Clínica*, 136(5), 205-206. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.05.011>
- Rozas, D., & Huckle, S. (2021). Loosen control without losing control: Formalization and decentralization within commons-based peer production. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 72(2), 204-223. <https://doi.org/10.1002/asi.24393>
- Sanchez, V. R., Ayuso, P. N., Galindo, J. A., & Benavides, D. (2020). Open source adoption factors-A systematic literature review. *IEEE Access*, 8, 94594-94609. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993248>
- Seoane Pillado, T., Rodríguez Muñños, M. Á., Hervada Vidal, X., y Cadarso Suárez, C. (2011). El software libre en la investigación médica. *Medicina Clínica*, 137(2), 73-76. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2009.10.045>
- Syzdykova, A., Malta, A., Zolfo, M., Diro, E., & Oliveira, J. L. (2017). Open-source electronic health record systems for low-resource settings: Systematic Review. *JMIR Medical Informatics*, 5(4), e44. <https://doi.org/10.2196/medinform.8131>
- Torkar, R., Minoves, P., & Garrigós, J. (2011). Adopting Free/Libre/Open source software practices, techniques and methods for industrial use. *Journal of the Association for Information Systems*, 12(1), 88-122. <https://doi.org/10.17705/1jais.00252>
- Valenzuela, C., & Sosa, C. (2018). Turbidity measurement system for aquaculture effluents using an open- source software and hardware. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17(3), 5.
- van de Schoot, R., de Bruin, J., Schram, R., Zahedi, P., de Boer, J., Weijdemá, F., Kramer, B., Huijts, M., Hoogerwerf, M., Ferdinands, G., Harkema, A., Willemsen, J., Ma, Y., Fang, Q., Hindriks, S., Tummers, L., & Oberski, D. L. (2021). An open source machine learning framework for efficient and transparent systematic reviews. *Nature Machine Intelligence*, 3(2), 125-133. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00287-7>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). *VOSviewer Manual*. 53.
- Vanfretti, L., & Milano, F. (2012). Facilitating constructive alignment in power systems engineering education using free and open-source software. *IEEE Transactions on Education*, 55(3), 309-318. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2172211>
- Wen, S.-F. (2017). Software security in open source development: A systematic literature review. *2017 21st Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*, 364-373. <https://doi.org/10.23919/FRUCT.2017.8250205>

- Zhang, J., Xiong, K., Liu, Z., & He, L. (2022). Research progress and knowledge system of world heritage tourism: A bibliometric analysis. *Heritage Science*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00654-0>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>
- Zyoud, S. H., Sweileh, W. M., Awang, R., & Al-Jabi, S. W. (2018). Global trends in research related to social media in psychology: Mapping and bibliometric analysis. *International Journal of Mental Health Systems*, 12(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13033-018-0182-6>