

Indagación, modelización y pensamiento computacional: Un análisis bibliométrico con el uso de Bibliometrix a través de Biblioshiny

Alejandro Carlos Campina López 

Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva. España.

alejandro.campina@ddi.uhu.com

Antonio Alejandro Lorca Marín 

Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva. España.

antonio.lorca@ddcc.uhu.es

M^a Ángeles de las Heras Pérez 

Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva. España.

angeles.delasheras@ddcc.uhu.es

[Recibido: 14 febrero 2023. Revisado: 17 marzo 2023. Aceptado: 30 junio 2023]

Resumen: Como primer objetivo, en este artículo se lleva a cabo un análisis bibliométrico que pretende servir como guía de cómo realizar una bibliometría a través de *biblioshiny*, una interfaz del software estadístico *Bibliometrix*. Para ello, se ha usado como ejemplo una búsqueda donde se detalla la metodología, procedimientos y estrategias utilizadas para responder a las preguntas de investigación y así conocer, como un segundo objetivo, qué trabajos desarrollan conjuntamente el Pensamiento Computacional, la Modelización y la Indagación en el área de ciencias. Utilizando métodos estadísticos cuantitativos de visualización de datos, se pretende conocer a los autores y revistas más relevantes y sus índices de impacto, así como las temáticas principales y su evolución temporal para saber qué y cómo se trabaja en este campo de estudio. Los resultados indican que en los 31 artículos seleccionados la modelización es uno de los temas motores llevándose a cabo a través de la investigación, construcción y diseño de simulaciones en entornos digitales a través de la programación basada en bloques.

Palabras clave: bibliometría; bibliometrix; modelización; pensamiento computacional; indagación; didáctica de las ciencias experimentales.

Inquiry, modelling and computational thinking: A bibliometrical review using bibliometrix through biblioshiny.

Abstract: As its first objective, this article carries out a bibliometric analysis aimed at serving as a guide on how to conduct bibliometrics using *Biblioshiny*, an interface of the *Bibliometrix* statistical software. To achieve this, a search has been used as an example, detailing the methodology, procedures, and strategies employed to address research questions and, as a secondary objective, to understand which works jointly develop Computational Thinking, Modelling, and Inquiry in the field of sciences. By utilizing quantitative statistical methods for data visualization, the intention is to identify the most relevant authors and journals, along with their impact indices, as well as the main thematic areas and their temporal evolution, in order to gain insights into what is being studied and how in this field. The results indicate that modelling is one of the salient themes among the 31 selected articles, accomplished through research, construction, and design of simulations in digital environments using block-based programming.

Keywords: bibliometrics; bibliometrix; modelling; computational thinking; inquiry; science education learning.

Para citar este artículo: Campina-López, A., Lorca-Marín, A. A. y De las Heras Pérez, M. A. (2024) Indagación, modelización y pensamiento computacional: Un análisis bibliométrico con el uso de Bibliometrix a través de Biblioshiny. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(1), 1102. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1102

Introducción

El vertiginoso avance de las tecnologías ha motivado el desarrollo de herramientas y aplicaciones útiles que facilitan el trabajo a los investigadores en la elaboración bibliométrías y de revisiones sistemáticas (RS). *Bibliometrix* (desarrollado por Aria y Cuccurullo, investigadores de la Universidad de Nápoles) es un software programado en R (entorno y lenguaje de programación centrado en el análisis estadístico) con una interfaz sencilla e intuitiva gracias a la aplicación *Biblioshiny*, que facilita la realización, obtención, representación y tratamiento de datos estadísticos de búsquedas bibliográficas sin el requerimiento de saber programar en código. La bibliometría es la aplicación de análisis cuantitativo y estadístico a publicaciones como artículos o comunicaciones de revistas que facilita el tratamiento de grandes volúmenes de información que, a diferencia de otras técnicas, proporciona análisis más objetivos y fiables (Aria & Cuccurullo, 2017) centrándose en el análisis de patrones y en los flujos de información documental, que caracterizan y contribuyen a la mejora de la actividad científica (Mokhnacheva & Tsvetkova, 2020). Además, el uso de la bibliometría relacional a través de métodos de visualización de datos resulta ser útil para delinear temáticas, publicaciones y autores proporcionando una mayor capacidad para analizar y comprender un campo de estudio (Ninkov et al., 2022)

A diferencia de la bibliometría, la RS es un diseño de investigación cuantitativo y cualitativo donde, a través de varios de métodos estructurados y sistemáticos, conducen a la selección de un conjunto de documentos válidos, útiles y relevantes sobre un tema o materia específica que permiten abordar preguntas e identificar problemas en la investigación primaria que deben ser corregidos en futuros estudios y generar o evaluar teorías sobre cómo o por qué ocurren fenómenos de interés (Yepes-Nuñez et al., 2021). Tanto la bibliometría como las RS llegan a ser herramientas de trabajo al servicio del conocimiento, siendo éstas de carácter integrativo, observacional y retrospectivo.

El análisis de los documentos recopilados se traduce en un informe o documento que busca dar respuesta a cinco preguntas clave: ¿qué se ha buscado?, ¿cómo se ha buscado?, ¿dónde se ha buscado?, ¿cuáles son los resultados útiles de esa búsqueda? y ¿por qué son útiles y relevantes dichos resultados? (Gálvez, 2002).

Además de la elaboración de una guía de cómo realizar una bibliometría con el uso de un software para el tratamiento de datos bibliométricos y sugiriéndose como un primer paso hacia una posterior RS, el otro objetivo de este estudio es conocer qué artículos trabajan de forma conjunta directa o indirectamente el Pensamiento Computacional (PC), la indagación y la modelización en el área de ciencias en la última década, pudiendo servir como una aproximación hacia un marco conceptual para el diseño de metodologías o estrategias para su enseñanza.

El estudio de la indagación, el pensamiento computacional y la modelización

Indagación, PC y modelización fueron objeto de estudio en Campina, Lorca-Marín y De las Heras (2023) donde se puso de manifiesto el grado de idoneidad y convergencia de estos tres conceptos para ser trabajados conjuntamente para la adquisición de competencias

y destrezas propias del quehacer científico. Rescatando las definiciones aportadas: la enseñanza en indagación es un modelo didáctico que genera situaciones de enseñanza-aprendizaje a partir de la formulación de problemas investigables donde se propone que el alumnado realice rigurosos procedimientos que permiten la construcción y diseño de modelos explicativos para sustentar y comunicar conclusiones y teorías. Su estudio se considera relevante dadas las dificultades que presentan los estudiantes en los que se evidencia como debilidad la competencia de indagación en Ciencias Naturales (Cárdenas & Saavedra, 2017). Por otro lado, se define el PC como un proceso de resolución de problemas a través de su descomposición en partes más sencillas, utilizando modelos y reconociendo patrones, buscando y seleccionando datos e información relevante para crear algoritmos que automaticen y optimicen cualquier tipo de proceso. La importancia de su estudio va ligada a la necesidad de su implementación pues, a pesar de su potencial educativo, se considera que carece de una base didáctica y dado el creciente rol que ocupa la informática en la educación, la comprensión de cómo las personas interactúan con las computadoras y el interés que suscita como área de investigación en educación (Fussero et al., 2021) y como competencia específica en el currículo (R.D. 217/2022), se considera relevante e interesante su desarrollo junto a otras estrategias de enseñanza. Por último, la modelización es el diseño y uso de representaciones o ideas, reales o virtuales en constante revisión, que sirven para expresar, desarrollar, predecir y evaluar problemas, situaciones, procesos o conceptos. El interés que suscita su estudio radica, entre otros, en que los modelos pueden ser importantes para el logro de la comprensión conceptual en la ciencia a un nivel que va más allá de la memorización de hechos (Oliva, 2019).

Además, se espera que este estudio pueda servir como fundamentación de futuros trabajos dando respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las cuestiones y problemas que se han investigado?
2. ¿En qué años está teniendo más o menos repercusión la temática?
3. ¿Qué fuentes-revistas escriben sobre ello?
4. ¿Quiénes son los autores más destacados que escriben sobre ello?
5. ¿Cuáles son los conceptos e ideas clave del tema?
6. ¿Qué perspectivas de futuro se plantean?

Para que sirva de ejemplo, presentamos en este trabajo una de las diversas búsquedas que se han realizado para el estudio.

Metodología

Este trabajo sigue las líneas del protocolo o declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Se trata de conjunto de normas a través de una lista de comprobación de los ítems a incluir en este tipo de estudios. Aunque no es un instrumento de evaluación de calidad, es una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis (Moher, 2009).

Definición del problema

En relación con la pregunta 1, se plantea ¿qué estudios existen y cómo se trabajan de manera conjunta el pensamiento computacional (PC), la modelización y la indagación en el área de las ciencias? ¿de qué forma se están llevando a cabo?

Criterios de elegibilidad

En nuestro caso, ante la escasez de documentos en español que aborden estas tres metodologías, se realizará una búsqueda de documentos en inglés. Para la mejorar la calidad se consideran normalmente artículos y revisiones, las cuales seleccionaremos desechando capítulos de libros y actas de congresos. Además, usualmente es recomendable (dependiendo del objeto de estudio) poner el foco en lo publicado en la última década, por lo que se escogerán aquellos comprendidos entre 2012-2022.

Bases de datos

El objetivo de este tipo de investigaciones es cubrir la máxima información científica y académica sobre el objeto de estudio. Para ello existen diferentes bases de datos que debemos seleccionar; las hay de carácter generalista (Scopus, Web of Science (WoS), Dialnet...) y otras más específicas según el área (ERIC para el ámbito educación, *Medline* para el ámbito sanitario...). Lo ideal es trabajarlas todas de forma conjunta. Para que sirva de ejemplo usaremos WoS y Scopus dados sus altos índices de calidad y prestigio.

Palabras clave y el uso de tesauros

Una vez definida la pregunta de investigación, ha de transformarse en una ecuación de búsqueda para las que han de seleccionarse las palabras clave que mejor representen el objetivo de nuestra investigación a partir de nuestra pregunta planteada.

Los tesauros sirven de ayuda para dar consistencia y rigor a la investigación, traduciendo los términos al lenguaje documental y para además ver si existen sinónimos o palabras alternativas más apropiadas para la búsqueda. Las webs más utilizadas en nuestro campo son el Tesauro ERIC o el Tesauro de la UNESCO. No utilizar tesauros para guiar una búsqueda equivale a adivinar qué términos utilizan los indexadores (Hertzberg & Rudner, 1999). Dicho esto, es posible que no aparezcan algunas palabras clave en los tesauros, pero eso no quiere decir que hayan de ser descartadas. Por ello, se aconseja en un preanálisis conocer qué palabras clave usan comúnmente los autores de nuestro estudio para tenerlas en cuenta en nuestra búsqueda. Las palabras clave seleccionadas fueron “computational thinking”, “inquiry” y algunas de las formas más comunes de referirse a la modelización: “model”, “modelling”, “modelling resources”.

Ecuación de búsqueda

Una ecuación de búsqueda es la formulación estructurada de las expresiones de búsqueda en la que se tienen que considerar diversos operadores booleanos, rangos de valores, limitadores, truncamientos, caracteres comodín y los paréntesis (Salmerón, 2016). Una vez seleccionadas nuestras palabras clave, debemos ser rigurosos en su construcción puesto que cualquier detalle, cambio u omisión de sus componentes puede variar significativamente los resultados de la búsqueda. Los operadores booleanos siempre han de escribirse en mayúscula entre las palabras clave y los más básicos se resumen y describen en la (tabla 1).

Tabla 1. Esquema con los principales operadores booleanos. Elaboración propia a partir de (Salmerón, 2016).

Operador	Descripción	Ejemplo	Resultados
AND	Operador de intersección: Une, reduce y especifica. Se incluyen todos los términos.	 indagación AND ciencias	Temas sobre indagación en ciencias.
OR	Reunión o Suma Lógica: Amplía las opciones de búsqueda indistintamente para varios conceptos.	 indagación OR ciencias	Temas sobre indagación o ciencias, indiferentemente.
NOT	Negación: Excluye el término o expresión que le sigue.	 indagación NOT ciencias	Temas de indagación, pero no en ciencias.

Cuanto más precisa sea la ecuación de búsqueda, mejores resultados obtendremos. En nuestro caso, ante la escasez de documentos en español que aborden estas temáticas, realizaremos la búsqueda de documentos usando palabras clave en inglés introduciéndolas en WoS y Scopus a través de la opción de búsqueda avanzada, concretando la siguiente ecuación de búsqueda:

Ecuación de búsqueda: ALL=((computational thinking AND (model OR modelling OR modelling resources) AND inquiry))

Criterios de selección

Se seleccionarán aquellos que se centren en propuestas e investigación educativa en el área de investigación “*Education educational research*” y que trabajen directa o indirectamente los tres conceptos en el área de ciencias o para proyectos STEM (*Science, Technology, Engineering and Maths*).

Instalación del software *Bibliometrix*

1. Descargar e instalar R en: <https://cran.r-project.org/> seleccionando el sistema operativo correspondiente, clicando en «Install R for the first time» y a continuación en «Download R».
2. Descargar R-Studio en: <https://posit.co/> e instalar. Una vez instalado, ejecutar R-Studio.
3. El siguiente paso es instalar el paquete de *Bibliometrix* en R. Una vez ejecutado R-Studio, en la consola de comandos izquierda debemos escribir: **install.packages("bibliometrix")** y pulsar la tecla «intro».
4. Una vez instalado el paquete *Bibliometrix*, debemos escribir en la misma consola de comandos anterior los siguientes dos comandos y para cada uno de ellos pulsar la tecla «intro»:

```
library(bibliometrix)
biblioshiny()
```

La interfaz se abrirá automáticamente en nuestro navegador predeterminado (Salinas, 2020).

Resultados y discusión

Tras la aplicación de la ecuación de búsqueda en WoS hemos tenido en cuenta todos los campos (título, palabras clave, autores...) identificando un total de 98 artículos. Llegados a este punto se aplicarán los criterios de selección definidos a la muestra. Para el primer cribado, en la base de datos, o a través del uso de gestores bibliográficos (Zotero, RefWorks, Mendeley, etc.) se exportan y se descartan los artículos duplicados (1). En el menú izquierdo «refinar resultados» seleccionamos los documentos comprendidos entre los años 2012 y 2022, descartándose (1) y obteniéndose un total de 96. En el mismo panel, se seleccionan únicamente las temáticas que se centren en “*Education educational research*”. En este sesgo se descartan (42) y pasamos a un total de 54 artículos los cuáles tras su lectura se han rechazado un total de (23) documentos al seleccionar aquellos que realmente se ajustan a nuestra búsqueda, resultando finalmente un total de 31 artículos. Hemos repetido el proceso con la misma ecuación de búsqueda en *Scopus*, obteniendo 5 artículos de los cuales sólo 1 se ajusta a los criterios de selección, pero duplicado con respecto a la búsqueda en la anterior base de datos y por ello descartado. Así, representamos los artículos definitivamente incluidos en un diagrama de flujo de la búsqueda según el protocolo PRISMA (figura 1).

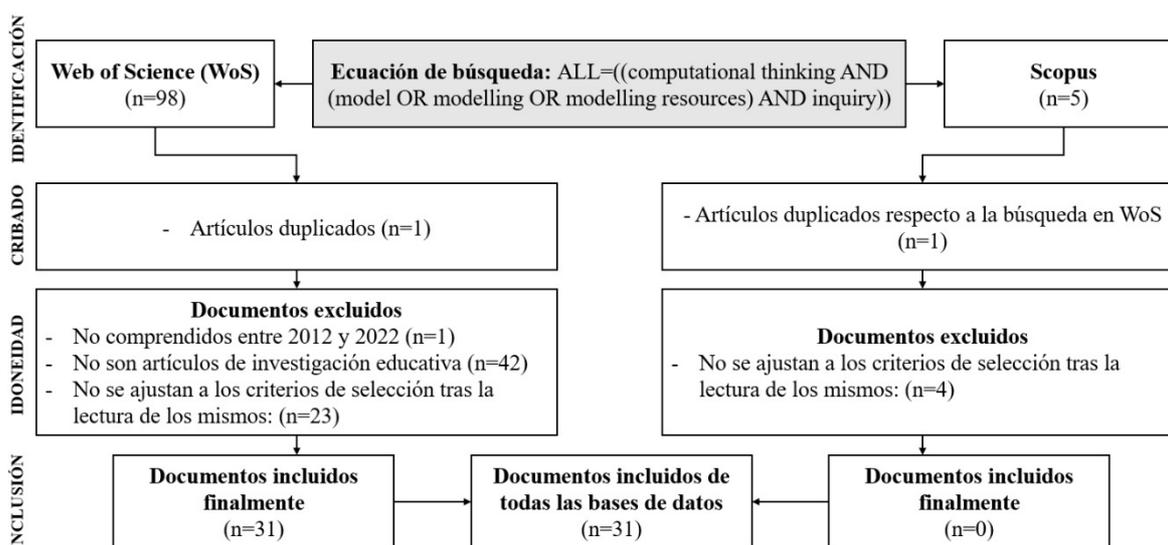


Figura 1. Ejemplo de diagrama de flujo de la búsqueda realizada según el protocolo PRISMA.

Una vez obtenidos los 31 documentos definitivos procedemos a exportarlos a *Bibliometrix* con la finalidad de realizar un análisis estadístico cuantitativo de los parámetros anteriormente mencionados. En nuestra base de datos se seleccionan todos los documentos y en el botón de exportar y lo haremos en formato BibTeX (ya que es un formato internacional e interoperable en bases de datos, así como para utilizar con cualquier gestor bibliográfico) seleccionando que incluya todos los registros y referencias citadas (figura 2) con la finalidad de poder trabajar con todos los datos disponibles.

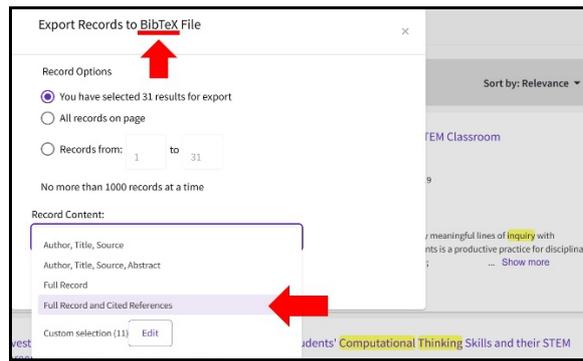


Figura 2. Selección de parámetros en WoS para la exportación de nuestros documentos a *Bibliometrix*.

Una vez lo exportamos, ejecutamos Biblioshiny y seguimos los pasos que se indican en la (figura 3, A) con la finalidad de volcar el contenido al software, seleccionamos «*Import Raw Files*» y cargamos el archivo (.bib) que hemos generado en nuestra base de datos. Si hubiera que unificar artículos de varias bases de datos, se aconseja cargarlos en un gestor de referencias, unirlos allí y exportarlos como un único archivo en formato BibTeX.

A partir de aquí transformaremos nuestros documentos en datos. Para una visualización preliminar, pulsamos «*Overview*» y «*Main information*» (Figura 3, B) para ver de forma general información que pueda resultar de interés acerca de nuestros documentos: rango cronológico (2014-2022), el número de fuentes (18), número de palabras clave aportadas por los autores (131), número autores (94), media de citaciones por documento (26,1), etc.

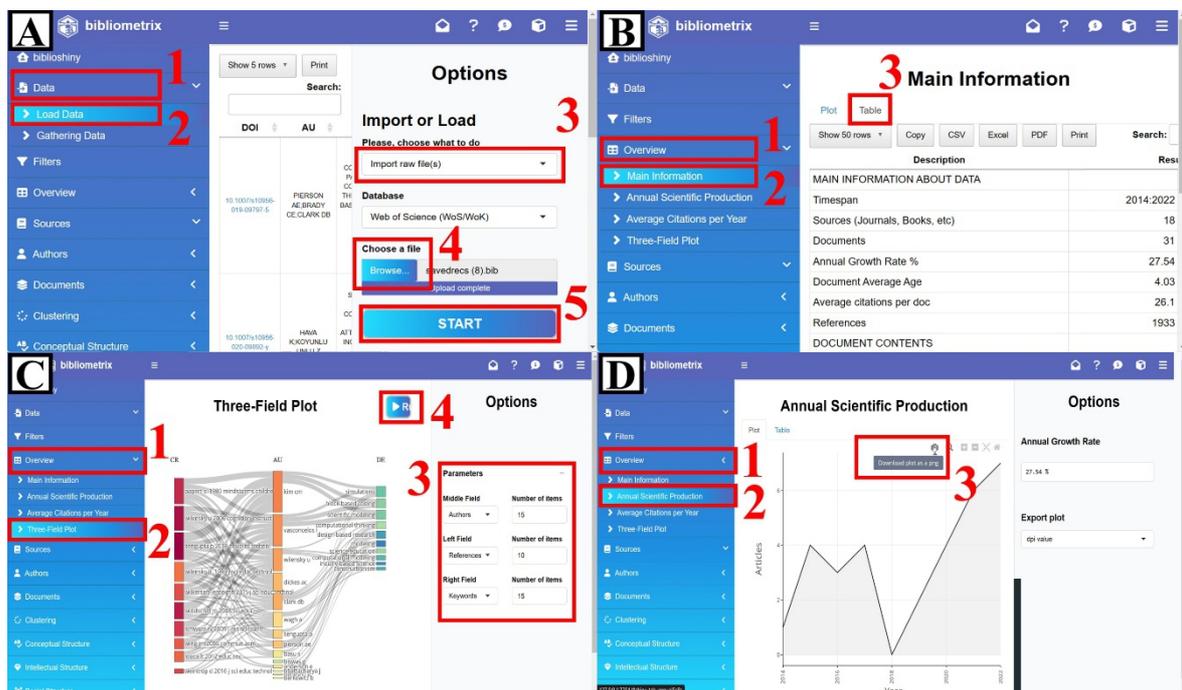


Figura 3. Figura que explica gráficamente los diferentes pasos y parámetros a realizar para el tratamiento de la información en la interfaz de Biblioshiny. (A) se explica cómo cargar el archivo, (B) se explica cómo visualizar características generales de nuestros documentos, (C) se explica cómo realizar el gráfico de tres campos para correlacionar diferentes parámetros, (D) se explica cómo representar el gráfico de producción científica anual.

Otra forma de representar datos generales y empezar a correlacionar cuantitativamente distintos parámetros es a través del gráfico de tres campos. En la misma sección anterior, pulsamos «*Three-Field Plot*» (Figura 3, C) y a la derecha tenemos los parámetros que

pueden ser modificados según nuestras necesidades tanto en el campo a correlacionar (autores, países, documentos, etc.) como número de ítems. En nuestro caso, hemos representado los autores más citados (CR) autores que más han publicado sobre nuestro objeto de estudio (AU) y las palabras clave introducidas por los autores (DE) (figura 4).

De esta forma comprobamos que además de Wing J. y Papert S. (principales precursores del PC), destacan Sengupta P. y Wilensky U. como los autores más citados. Wilensky, desarrollador de entornos virtuales educativos como *NetLogo*, posee además artículos dentro de la muestra, un dato que sugiere la relevancia del autor en el campo de estudio y que nos puede ayudar a desarrollar un marco intelectual que, junto a los autores más prolíficos de la muestra (Kim C.M. y Vasconcelos I., que publican conjuntamente) y atendiendo a los artículos seleccionados revisados así como las principales líneas de trabajo de sus autores, podríamos concretar que los documentos de nuestra investigación se fundamentan principalmente en la construcción y diseño de modelos computacionales o simulaciones en entornos digitales para la investigación en ciencias y la resolución de problemas complejos realizados mediante la programación en bloques en niveles educativos K-12 (hasta doce años).

Esta afirmación se refuerza al considerar el tercer parámetro seleccionado donde se relacionan autores (AU) con las principales palabras clave de los autores (DE) de nuestra muestra (*simulations, block-based coding, scientific modeling, computational thinking, design-based research*). Esta información definiría parte de nuestro marco conceptual dando por un lado respuesta al principal campo ontológico y epistemológico, y por otro algunos de los conceptos e ideas clave de nuestro tema de estudio.

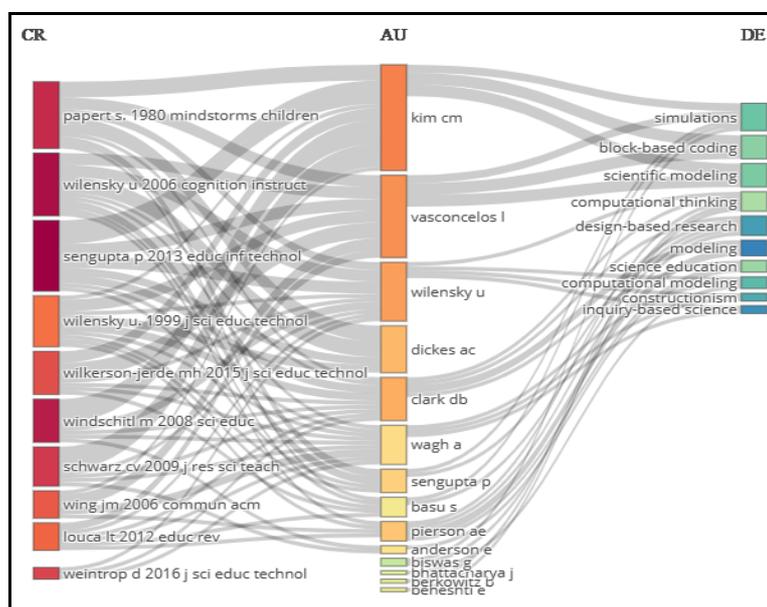


Figura 4. Gráfico de tres campos donde se muestran correlaciones entre: (CR) los autores más citados, (AU) los autores de los artículos seleccionados y (DE) descriptores con las palabras clave más comunes.

Para dar respuesta a la pregunta 2, para conocer en qué años está teniendo más o menos repercusión la temática, en la misma sección anterior seleccionamos «Annual Scientific Production» (Figura 3, D), observando el número de documentos por año y la tasa de crecimiento anual (27,54%). En nuestro gráfico (figura 4) el año más prolífico fue 2022, con 7 artículos. Existe un incremento gradual que lleva produciéndose ininterrumpidamente desde el año 2019. A pesar de que el volumen de documentos con los

que se trabaja es bajo, se sugiere considerarlo un tema de actualidad teniendo en cuenta el grado de especificidad del objeto de estudio y su tasa de crecimiento.

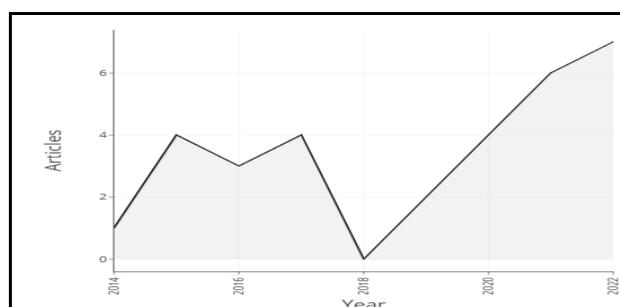


Figura 5. Gráfico de la producción científica anual.

Buscando respuesta a la pregunta 3, en lo que respecta a las fuentes principales, en la (figura 6, E) se detalla el procedimiento para representarlas. En el gráfico generado (figura 7) destacamos las principales fuentes, donde *Journal of Science Education and Technology* (6), *Journal of Research Science Teaching* (5), *Science Education* (3) se postulan como las que más documentos aportan a nuestro objeto de estudio.

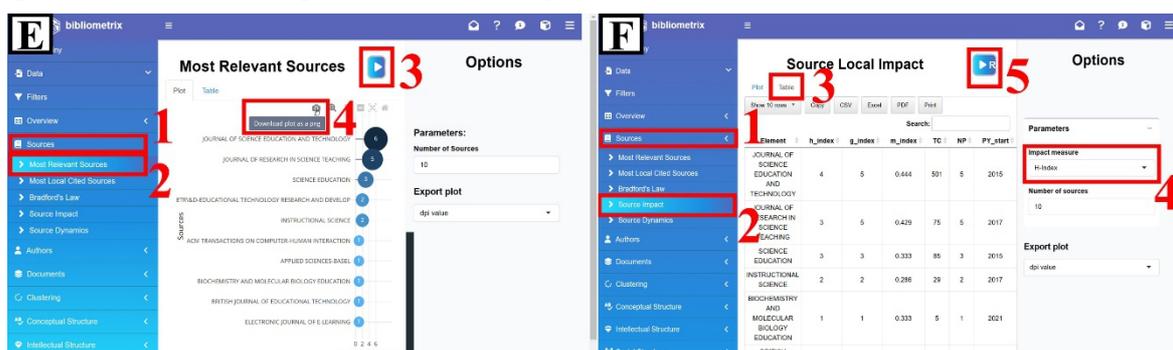


Figura 6. (E) Se explica cómo representar el gráfico de las fuentes principales y (F) se explica cómo realizar la representación de la tabla del índice de impacto “h” de las fuentes de la investigación.

La fuente principal, *Journal of Science Education and Technology* (JSTOR), es un medio internacional e interdisciplinar donde se reconoce el creciente papel de la tecnología como un componente de la educación científica tanto en la comprensión como en el desarrollo de la ciencia, siendo fuente referencial a tener en cuenta a la hora de trabajar este campo.

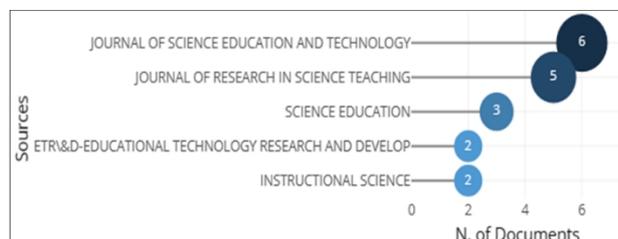


Figura 7. Gráfico donde se representan las fuentes principales en base al número de artículos que aportan a nuestra investigación.

Element	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION AND TECHNOLOGY	4	5	0.444	501	5	2015
JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING	3	5	0.429	75	5	2017
SCIENCE EDUCATION	3	3	0.333	85	3	2015
INSTRUCTIONAL SCIENCE	2	2	0.286	29	2	2017
BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY EDUCATION	1	1	0.333	5	1	2021
BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY	1	1	0.200	7	1	2019
ELECTRONIC JOURNAL OF E-LEARNING	1	1	0.125	27	1	2016
ETR&D-EDUCATIONAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT	1	2	0.250	4	2	2020
FRONTIERS IN HUMAN NEUROSCIENCE	1	1	0.100	27	1	2014
INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	1	1	0.111	3	1	2015
JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION	1	1	0.250	10	1	2020
JOURNAL OF SCIENCE TEACHER EDUCATION	1	1	0.333	10	1	2021
LEARNING AND MOTIVATION	1	1	0.500	3	1	2022
PROBLEMAS	1	1	0.200	5	1	2019
RESEARCH IN SCIENCE EDUCATION	1	1	0.111	18	1	2015

Figura 8. Se representa el nivel de impacto de las fuentes consultadas respecto al índice h.

Además, podemos conocer el índice de impacto ($index_h$) de JSTOR (4) en nuestro estudio, así como del resto de nuestras fuentes como se explica en la (figura 6, F) y se presenta en la (figura 8). El índice de impacto h permite detectar los autores o fuentes más destacadas de una disciplina. El “g_index” y “m_index” son variaciones del “h_index” con menos uso. Otros campos relevantes son (TC) que son las veces que han sido citados, (NP) el número de publicaciones y (PY_start) indica el año en el que comienza a publicar sobre nuestro tema. De este modo, se delimitaría el núcleo de nuestra área de investigación en base a las cuatro primeras revistas (JSTOR, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* e *Instructional Science*).

En cuanto a la pregunta 4 que hace referencia a los autores principales, este software nos permite conocer el índice de impacto de los autores más importantes tanto a nivel global (dentro y fuera de nuestro campo de estudio) o local (nos aporta datos del impacto del autor dentro de los artículos que estamos trabajando). En la (figura 9, G) y (figura 9, H) se exponen los pasos a ejecutar para representar a los autores más relevantes su nivel de impacto respectivamente.

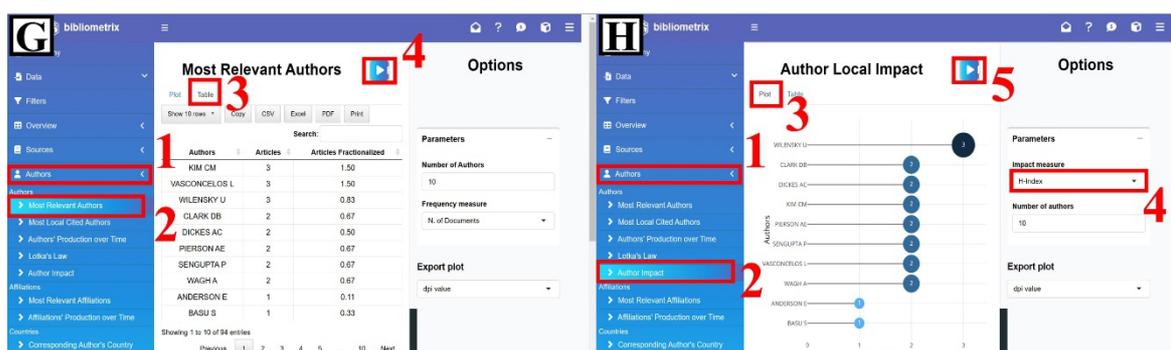


Figura 9. (A) Relación de autores con mayor número de publicaciones y (B) los autores de la muestra respecto a su índice de impacto h.

En la (figura 10, A) se presentan los autores que mayor número de artículos han aportado destacando a Kim C. M. (3), Vasconcelos L. (3) y Wilensky U. (3). En la (figura 10, B) se presentan a los autores atendiendo a su índice de impacto h, donde destaca Wilensky (3) sobre el resto.

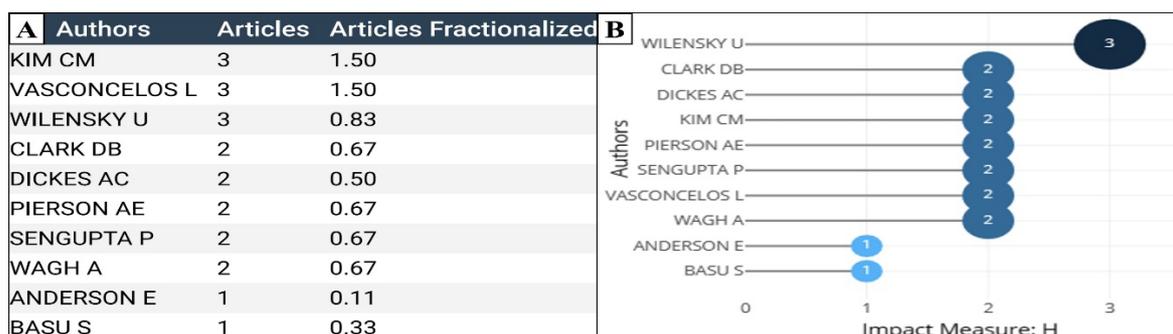


Figura 10. (A) Relación de autores con mayor número de publicaciones y (B) los autores de la muestra respecto a su índice de impacto h.

En referencia a la pregunta 5, para conocer cuáles son las temáticas principales *Bibliometrix* nos permite analizar estructuras conceptuales a través de mapas temáticos. En la (figura 11, I) se definen los pasos para su representación, ajustando los parámetros según al número de etiquetas o palabras que nos interese tener en cuenta y seleccionaremos las palabras clave de los autores y como algoritmo de agrupamiento seleccionamos “*Edge Betweenness*” que representa la centralidad, cuantificando el número de veces que un nodo se encuentra en puntos más cercanos y centrales de nuestra red. Esta técnica está basada en redes de palabras y cada red está representada por términos representados en diferentes cuadrantes. El cuadrante 1 (en la parte superior izquierda) representa los temas periféricos; se tratan de temas vinculados a los principales, pero de escasa aparición. El cuadrante 2 (parte superior derecha) indica los principales temas de la investigación denominados temas motores. El cuadrante 3 (parte inferior izquierda) representa los temas que están emergiendo o bien pueden estar en declive. Por último, el cuadrante 4 representaría los temas básicos que se consideran temáticas transversales (López-Robles et al., 2019). Para realizarla, seguiremos el ejemplo de la (figura 11, I) atendiendo a los parámetros para representarla lo mejor posible donde se aconseja utilizar como campo las palabras clave de los autores “*Author’s Keywords*”

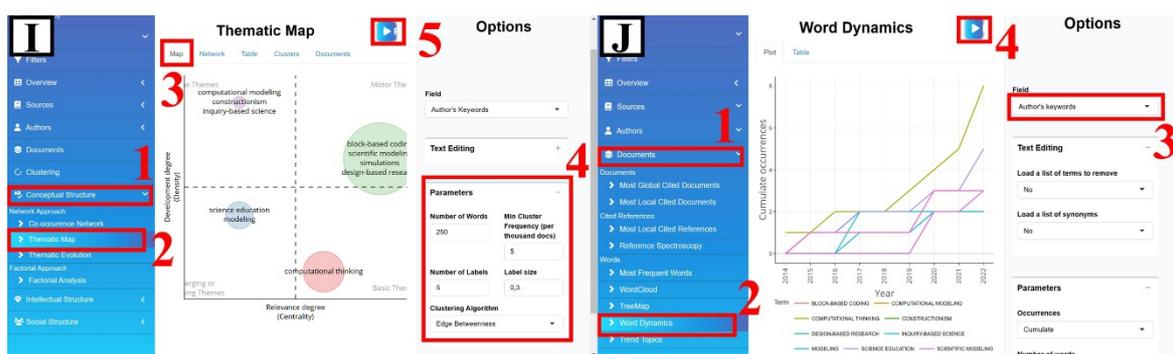


Figura 11. (I) Gráfico donde se explica cómo representar el mapa temático con palabras clave de autores, (J) gráfico donde se explica cómo representar un mapa temático en forma de red con palabras clave de autores.

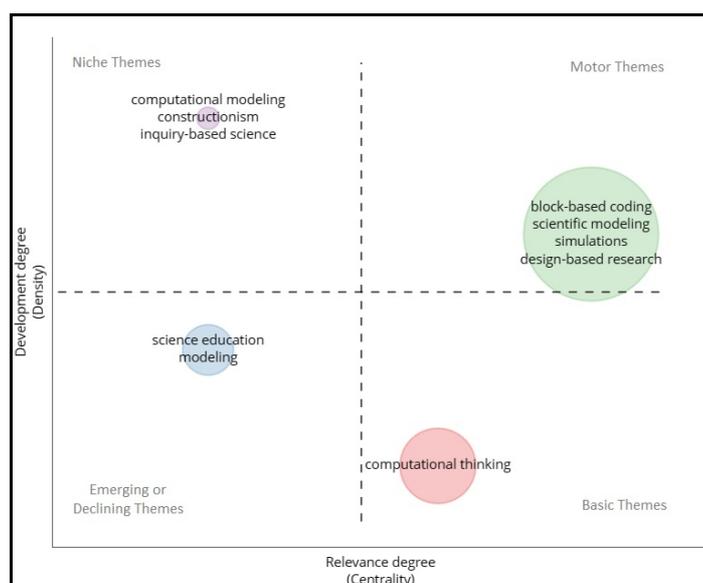


Figura 12. Mapa temático con las palabras clave de los autores.

Los principales temas motores (figura 12) son enseñanza a través de simulaciones, *block-based coding*, *design-based research* y *scientific modeling*. Estas palabras clave aportarían información acerca no sólo de qué se está trabajando principalmente en este campo, sino que además nos diría, en nuestro caso, cómo y a través de qué medios se están poniendo en marcha proyectos que aúnan los tres campos de estudio.

Como temas periféricos se encuentran las ciencias basadas en la indagación, la modelización computacional y el construccionismo (en el cual se fundamentan para el desarrollo de enseñanzas basadas en la modelización, PC y la propia enseñanza basada en la indagación). Los temas emergentes y en declive vienen representados por la modelización y la educación en ciencias. Es complicado poder concretar con estos datos cuáles están en declive o son emergentes, pero se sugiere que ambos son emergentes pues, a raíz de la lectura de los documentos y los datos que se aportan, la modelización o el aprendizaje basado en modelos está cada vez trabajándose de forma más intrínseca en el desarrollo del PC, siendo la modelización un concepto siempre presente que se manifiesta en la literatura recopilada como tal o como «modelización científica» o «modelización computacional». Del mismo modo, se considera que cada vez más frecuentemente existen más proyectos STEM, englobando la «educación en ciencias» de forma transversal y pudiendo denotar una desaparición terminológica, pero en ningún momento una desaparición de la disciplina en sí.

Por último, en relación con la pregunta 6, para dar respuesta aproximada a las perspectivas de futuro a través de *Bibliometrix* se plantea representar el diagrama “Words Dynamics” (figura 11, J) para conocer de forma general la evolución de los temas de la muestra y ver cuáles se están trabajando más en los últimos años.

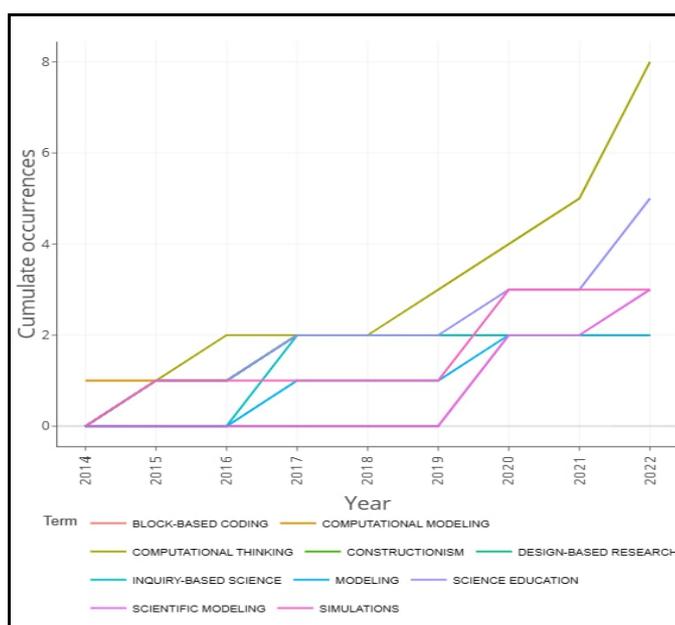


Figura 13. Mapa temático con la correlación de palabras clave de los autores.

El gráfico (figura 13) muestra los conceptos de PC, enseñanza de las ciencias y las simulaciones junto con la modelización científica, aportando más datos y sugiriendo una tendencia actual hacia la construcción y diseño de herramientas e instrumentos para comprender aspectos de la ciencia aplicando el pensamiento computacional.

Conclusiones

La realización de esta guía ha puesto de manifiesto la gran potencialidad que tiene el uso de este tipo de herramientas para la elaboración bibliométrías y de revisiones sistemáticas. Gracias a *Biblioshiny*, su sencilla interfaz intuitiva, *Bibliometrix* se considera una ayuda de gran relevancia a la hora de trabajar grandes cantidades de información para estructurar marcos conceptuales e intelectuales a través de análisis de datos cuantitativos con sus representaciones gráficas. Del mismo modo posee limitaciones a la hora de trabajar ciertos campos (metodologías de investigación, niveles educativos...). Sin embargo, la interfaz nunca debe sustituir (más bien sí complementar) el trabajo de lectura y revisión del investigador el cual se considera fundamental. Así, en una lectura profunda de la revisión, obtenemos que la mayoría de estos estudios se centran en niveles K-12 (hasta 12 años), la mayoría de los documentos son metodologías de investigación centrada a estudios de caso y que los métodos principales de enseñanza que se llevan a cabo en las aulas se relacionan con la ciencia basada en modelos (MBS) o basadas en la indagación científica.

En cuanto al alcance de estos resultados, este estudio es sólo un ejemplo de varias búsquedas realizadas y, aunque contando con un número no muy elevado de documentos y que se ha trabajado con sólo 2 bases de datos (Scopus y WoS), el nivel de calidad de estas se considera óptima, amplia y representativa.

La modelización

En lo que respecta al campo de la modelización, los resultados que ofrece el mapa temático lo colocan como uno de los temas motores (simulaciones, modelización científica, investigación basada en el diseño y modelización computacional) y consideramos que se

ubica como eje o punto de unión fundamental entre la indagación y el PC para desarrollo, estudio y diseño de herramientas o simulaciones enfocadas a adquirir contenidos de ciencias para construir, probar, evaluar y revisar sus propios modelos de fenómenos científicos a la vez que persiguen un objetivo epistémico. Los resultados muestran que la mayoría estas representaciones se desarrollan en entornos virtuales e incluso se considera señalar que algunos estudios confunden indistintamente la modelización computacional con el concepto y aplicación del PC.

El Pensamiento Computacional

Los resultados que ofrecen los 31 artículos seleccionados muestran una tendencia ascendente en cuanto al número de artículos que trabajan el PC en el último lustro, sugiriéndose como la temática de más actualidad. Sin embargo, los resultados que aportan el gráfico de tres campos y el mapa temático muestran que este número podría ser mayor por una confusión terminológica entre PC y modelización computacional. Del mismo modo, se sugiere que existe cierto grado de confusión entre el manejar o diseñar un programa informático y el estar aplicando el PC. En esto nos basamos a raíz de la definición aportada en este trabajo sobre el PC, pues en los documentos seleccionados se considera que se trabaja al menos parcial o total puesto que muchos de ellos usan características relacionadas con el mismo, como abstracciones y descomposiciones, haciendo y probando iterativamente cambios menores en el código a través de métodos por ensayo y error, o aplicando lógicas resolutorias y algoritmos dentro del diseño de juegos y resolución de problemas a través de simulaciones en entornos de programación por códigos (*NetLogo*) o, en su gran mayoría (como sí reflejan los resultados obtenidos), por programación basada en bloques (*Scratch*, *MakeCode* y *Tinkercad*, entre otros).

La indagación

Tras la lectura de los documentos seleccionados, se considera que la fundamentación metodológica de la mayoría de los artículos viene dada a raíz del uso de la indagación en las aulas de ciencias en torno a una problemática para, posteriormente, programar y desarrollar estrategias para la resolución de problemas complejos que se solventan a través de la modelización y PC. Sin embargo, como se muestra en el análisis a través del mapa temático, la indagación se encuentra en el primer cuadrante estando asociada a los temas motores (simulaciones, *block-based coding* (programación basada en bloques), *design-based research* y *scientific modeling*.) pero tiene escasa aparición. Dado el aspecto "abierto" de la indagación, la mayoría de estos trabajos involucran a los estudiantes investigando preguntas y problemas significativos que son ricos en contenido y que no tienen una sola respuesta correcta o que requieren diferentes enfoques para trabajarlos.

Así, los resultados muestran un número notable de artículos que de forma directa o indirecta están llevando a cabo propuestas que aúnan estos conceptos manifestando en gran parte su viabilidad. Aun así, ante la poca concreción que se manifiesta para enseñar el PC en ciencias y la necesidad que suscita a la comunidad científica llevar a cabo indagación y modelización como algunos de los ejes fundamentales del quehacer científico, en cuanto a las perspectivas de futuro, se sugiere que su implementación precisa un estudio y una fundamentación didáctica para poder desarrollar metodologías o protocolos de enseñanza que puedan facilitar a los docentes el diseño de investigaciones en proyectos STEM en las aulas de ciencias.

Agradecimientos

Esta publicación forma parte del proyecto de tesis adscrita al Programa Oficial Interuniversitario de Doctorado en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Ciencias Experimentales, Sociales, Matemáticas y de la Actividad Física y Deportiva, además de ser parte del proyecto de I+D+i “Patrimonios controversiales para la formación ecosocial de la ciudadanía. Una investigación de educación patrimonial en la enseñanza reglada (EPITEC2)”, referencia PID2020-116662GB-100, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y se enmarca en el Centro de Investigación en Pensamiento Contemporáneo e Innovación para el Desarrollo Social (COIDESO) de la Universidad de Huelva.

Referencias

- 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>
- Campina-López, A., Lorca-Marín A.A. & De las Heras Pérez, M.A. (2023). Análisis e implementación conjunta de metodologías para el desarrollo de la investigación y la resolución de problemas en las aulas de ciencias. *Revista APICE*. (En prensa)
- Cárdenas, Y. B., & Saavedra, R. C. (2017). Desarrollo de la competencia de indagación en Ciencias Naturales. *Educación Y Ciencia*, 20, 1-15.
- Fussero, G. B., Occelli, M., & Chiarani, M. (2021). Computational Thinking and Genetic Engineering learning: An Approach from Design Research. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 30, 40-50.
- Gálvez, A. (2002). Revisión bibliográfica: Usos y utilidades. *Matronas profesión*, 3(10), 25-31.
- Hertzberg, S., & Rudner, L. (1999). Quality of Researchers' Searches of the ERIC Database. *Education Policy Analysis Archives*, 7, 25-25. <https://doi.org/10.14507/epaa.v7n25.1999>
- López-Robles, J.-R., Guallar, J., Otegi-Olaso, J.-R., & Gamboa-Rosales, N.-K. (2019). El profesional de la información (EPI): Bibliometric and thematic analysis (2006-2017). *Profesional de La Información*, 28(4), Article 4. <https://doi.org/10.3145/epi.2019.jul.17>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2009). Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med* 6: e1000097. *Open medicine: a peer-reviewed, independent, open-access journal*, 3, e123-30. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
- Mokhnacheva, Yu. V., & Tsvetkova, V. A. (2020). Development of Bibliometrics as a Scientific Field. *Scientific and Technical Information Processing*, 47(3), 158-163. <https://doi.org/10.3103/S014768822003003X>
- Ninkov, A., Frank, J. R., & Maggio, L. A. (2022). Bibliometrics: Methods for studying academic publishing. *Perspectives on Medical Education*, 11(3), 173-176. <https://doi.org/10.1007/s40037-021-00695-4>
- Oliva, J. M. (2019). Different definitions for the idea of modeling in science education. *Ensenanza de Las Ciencias*, 37(2), 5-24. Scopus. <https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.2648>

- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, Pub. L. No. Real Decreto 217/2022, BOE-A-2022-4975 41571 (2022).
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- Salinas, D. T. (2020). *Bibliometrix: Primeros pasos y técnicas avanzadas con BiblioShiny App* (0.8) [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4327614>
- Salmerón, A. (2016, mayo 26). *Ecuacion de busqueda BUNS UAL t-Formas*. <https://ci2.ual.es/ecuacion-de-busqueda-buns-ual/>
- Yepes-Nuñez, J. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799.
<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>