



Tendencias de la inteligencia computacional

Trends in computer intelligence

Jonathan Ferney-Virgüez^a, Hugo Fernando Castro-Silva^b, Torcoroma Velásquez-Pérez^c

 ^a Magister en Administración con Énfasis en Innovación, jonathan.virguez@uptc.edu.co, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

 ^b Phd. en Gerencia de Proyectos, hugofernando.castro@uptc.edu.co, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia.

 ^c Phd. en Educación, Tvelasquezp@ufpso.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia.

Recibido: Julio 10 de 2020 **Aceptado:** Diciembre 11 de 2020

Forma de citar: J. Ferney-Virgüez, H.F. Castro-Silva, T. Velásquez-Pérez. “Tendencias de la inteligencia computacional”, *Mundo Fesc*, vol. 11, no. 22, pp. 48-58, 2021

Resumen

Este artículo expone aquellos resultados derivados de una revisión sistemática de literatura enfocada al reconocimiento de la inteligencia computacional a nivel mundial. Se constituyó el desarrollo metodológico en cuatro diferentes facetas: - la elaboración de ecuaciones de búsqueda, - la comprobación de la calidad y pertinencia de los documentos, - la elaboración de esquemas para el reconocimiento de las tendencias, - la investigación de confluencias y diferencias. Se examinaron 55 artículos procedentes de las bases de datos de Scopus® y Web of Science®, en el software VOSviewer® para la construcción y visualización de redes bibliométricas y concurrencia de términos; dando como resultado Aprendizaje automático, Clasificación, Inteligencia artificial, Selección de características, Clasificación de algoritmos, Redes neuronales, Sistemas inteligentes entre otras. Este estudio arroja resultados de diversos campos de aprendizaje evolutivo para la recopilación de datos para brindar nuevas y diversas aplicaciones más vertiginosas, permitiendo una optimización de datos y nuevas estrategias u herramientas de predicción.

Palabras clave: Inteligencia computacional; Métodos computacionales; Redes bibliométricas; Sistemas inteligentes.

Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: jonathan.virguez@uptc.edu.co



Abstract

This article presents those results derived from a systematic review of the literature focused on the recognition of computational intelligence worldwide. The methodological development was constituted in four different facets: - the elaboration of search equations, - the verification of the quality and relevance of the documents, - the elaboration of schemes for the recognition of the trends, - the investigation of confluences and differences. 55 articles from the Scopus® and Web of Science® databases were examined in VOSviewer® software for the construction and visualization of bibliometric networks and term concurrence; resulting in machine learning, classification, artificial intelligence, feature selection, algorithm classification, neural networks, intelligent systems among others. This study yields results from various fields of evolutionary learning for data collection to provide new and diverse faster applications, allowing data optimization and new prediction strategies or tools.

Keywords: Computational intelligence; Computational methods; Bibliometric networks; Intelligent Systems.

Introducción

En esta investigación se presenta una revisión sistemática de literatura enfocada a la inteligencia computacional. Se examina la temática propuesta mediante redes bibliométricas que exponen la vinculación de términos asociados al campo de estudio. Las ilustraciones brindan de manera relevante información sobre los nuevos ámbitos de aplicación para la inteligencia computacional. Especialmente, se visibilizan las nuevas áreas y de igual forma se indica la correlación entre estas. Al contrastar las redes bibliométricas en el intervalo de tiempo a estudio (2015-2020), se obtiene una amplia comprensión acerca de la forma en que la inteligencia computacional ha venido transformándose durante este lapso de tiempo. Mediante un análisis cualitativo, se demuestra como los autores (científicos) han evolucionado dicho concepto para dar aplicabilidad a sus investigaciones.

En la actualidad las investigaciones sobre la inteligencia computacional son bastantes amplias. Se han detectado estudios previos que examinaron Aprendizaje automático, Clasificación, Inteligencia artificial, Selección de características, Clasificación de algoritmos, Redes neuronales, Sistemas inteligentes. El presente estudio pretende demostrar los nuevos enfoques para la inteligencia computacional, en el que se

analizaron documentos científicos de los últimos cinco años (2015-2020). En el presente análisis, se utilizaron dos bases de datos consideradas sumamente importantes, Scopus® y Web of Science®. Con los datos en los que se basa esta investigación, se pretende brindar de forma óptima una mejor conceptualización de la temática, y así mismo que sea bastante amplia y confiable. La metodología implementada en este estudio, instruye sobre la realización de revisiones sistemáticas y análisis de redes bibliométricas, las cuales permiten identificar la vinculación de términos y autores que brindan un nuevo campo del conocimiento.

Börner, Chen y Boyack al igual que Okoli y Schabram [1], [2] brindan de forma generalizada una guía para realizar una revisión sistemática de la literatura de la investigación en sistemas de información. El presente artículo se estructura desde los enfoques propuestos por Okoli y Schabram [2] para tal fin, al igual se elabora la construcción de redes bibliométricas desde la experiencia propia y el uso del software VOSviewer® destinado para la visualización de redes científicas que proporcionan mejores resultados para los análisis literarios.

Metodología

La metodología propuesta en esta

investigación se basa en los aportes descritos por [3], [4], quienes instruyeron a la realización de análisis sistemáticos de datos cuantitativos de literatura, enfocando esta indagación desde la perspectiva de la inteligencia computacional, de igual forma se sustenta en palabras claves derivadas de bases de datos previamente seleccionadas y reconocidas. La búsqueda estuvo ajustada hacia el sector de aplicación, intervalos de tiempo y tipos de idiomas en que se efectuaron las publicaciones. Por otra parte, para el uso del software VOSviewer® se efectuaron tamices en cuanto a la calidad, congruencia y efectividad; para que la temática expuesta mantuviese criterios de inclusión y/o exclusión permitiendo la selección final de los documentos. Para terminar, se diferenciaron ciertas interacciones que resultaron ser verídicas o hipotéticas en este análisis, que mediante el uso de herramientas científicas se logró la consecución de esquemas de la temática.

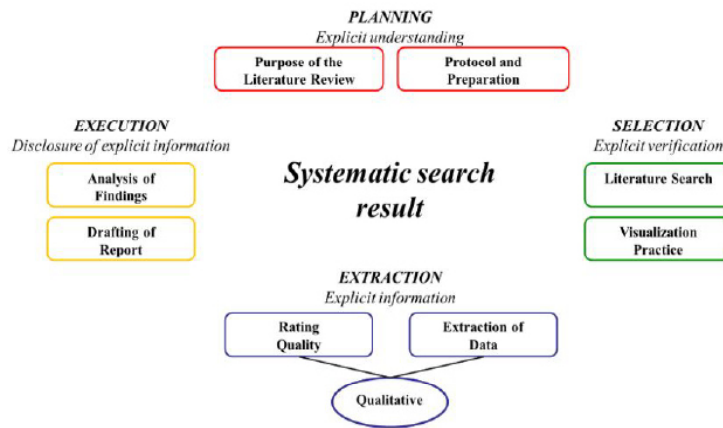


Figura 1. Guía sistemática para el desarrollo de la revisión de literatura

Fuente: El autor. Elaborado a partir de: [2]

Tipo de investigación	Cualitativa	
Unidad de estudio	Se determinó la búsqueda de artículos de investigación relacionados con la temática "Inteligencia Computacional". Estableciendo que: Aprendizaje automático. Clasificación. Inteligencia artificial. Selección de características. Clasificación de algoritmos. Redes neuronales, Sistemas inteligentes, son temas relevantes para la exploración a desarrollar; dado que, su relevancia se suscita hacia el objetivo de este estudio. Los tipos de documentos seleccionados se derivaron de Artículo, Revisiones, Reseñas de libros y Capítulos de libros.	
Restricciones de búsqueda	La exploración se encausa hacia los documentos que han sido divulgados preferiblemente en idioma inglés; de igual forma, a aquellos que tratan en cuestión el tema de Inteligencia computacional.	
Intervalo de tiempo	2015 - 2020	
Bases de datos utilizadas	Web Of Science®	Scopus®
Ecuaciones de búsqueda y filtros empleados	TITLE-ABS-KEY (("computational intelligence") AND ("machine learning")) Refined by: YEARS OF PUBLICATION: (2020 OR 2015 OR 2019 OR 2018 OR 2017 OR 2016) AND WEB CATEGORIES OF SCIENCE: (COMPUTER SCIENCE ARTIFICIAL INTELLIGENCE) AND TYPES OF DOCUMENTS: (ARTICLE) AND LANGUAGES: (ENGLISH).	(("computational intelligence") AND ("Smart system\$")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Machine Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Learning Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Intelligent Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Smart System") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Neural Networks") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Optimization") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Deep Learning")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "k"))

Cuadro 1. Descripción metodológica

Fuente: El autor. Elaborado a partir de: [5]

Resultados

1. Inteligencia Computacional

El concepto de inteligencia computacional ha sido definido hacia aquellos sistemas inteligentes, robótica y la computación compleja, los cuales se han convertido hoy en día un tema interesante para investigadores [6]–[9]. En la actualidad no se puede dar un concepto bastante claro sobre que es en verdad la inteligencia computacional, se podría indicar respecto a los hallazgos efectuados que la inteligencia computacional son algoritmos difusos y redes neuronales artificiales, las cuales discierne su razonamiento de forma similar a la humana, con capacidades de instruirse o transformarse.

En la ingeniería, la inteligencia computacional se está utilizando ampliamente en la investigación científica por el aumento de los recursos computacionales [10]. La inteligencia computacional emula las funciones humanas por medio de la ciencia computacional, este hecho corresponde a aquellos mecanismos capaces de generar novedad y elección computacional, ya sea en la percepción activa, el aprendizaje, la predicción o la postdicción, siendo considerando un medio de optimización inteligente que permite la mejora de resultados y que a su vez brindan nuevos enfoques para su aplicabilidad [11], [12].

Tabla I. Conceptualización de Inteligencia Computacional

CONCEPTOS
Métodos de computación que son utilizados para brindar soluciones a nuevos problemas sin depender de las habilidades humanas [13]
Un sistema computacionalmente inteligente que trata con datos numéricos el cual tiene un mecanismo de reconocimiento de patrones, exhibiendo de forma adaptativa un desempeño semejante al ser humano [14].
Es el estudio del diseño de agentes inteligentes adaptativos de reconocimiento de patrones [15].
Conjunto de metodologías fraccionadas por datos que contienen lógicas difusas, redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos, redes de creencias probabilísticas y aprendizaje automático [16]–[18].
Mecanismos adaptativos para permitir o facilitar el comportamiento inteligente en entornos complejos y cambiantes [19].
Una rama de la inteligencia artificial (IA) que incluye el estudio de componentes versátiles para potenciar o fomentar prácticas inteligentes en situaciones complejas y cambiantes [20].

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Investigación. Jun, 2020.

2. Búsqueda de publicaciones en bases de datos

Las bases de datos previamente seleccionadas brindaron resultados preliminares donde se observó que los datos bibliográficos de Scopus® proporciono 773 documentos, siendo seleccionados 28. A su vez el servicio en línea de información científica Web Of Science® suministro 332 documentos, siendo seleccionados 19. en cuanto al muestreo probabilístico dispuso de 08 artículos que se hallaron simultáneamente en las bases de datos. Se emplearon tamices de calidad, congruencia y naturaleza en los documentos

ya escogidos y que a su vez fueron escritos en ingles así: Aprendizaje automático, Clasificación, Inteligencia artificial, Selección de características, Clasificación de algoritmos, Redes neuronales, Sistemas inteligentes, dando una totalidad de 55 artículos para esta investigación. (Tabla II). Realizado el compendio total de los documentos seleccionados, se procedió a efectuar las mediciones en lo que refiere a los datos o términos existentes de esta manera: periodo de tiempo enero/2015 a junio/2020, país/región/territorio, revistas, autor(es) y palabras claves.

De modo que estos indicadores facultaron la

realización de una exposición detallada sobre la producción científica durante los últimos años.

Tabla II. Resultados de búsqueda

PROCEDIMIENTO	BASES DE DATOS	Scopus®	Web Of Science®
Búsqueda inicial		773	332
Aplicación de Criterios de exclusión e inclusión		83	66
Documentos eliminados		47	39
Muestreo probabilístico "bola de nieve"		08	08
Documentos finales de estudio		28	19
Datos de artículos seleccionados			
País/Región/Territorio		40	37
Revistas		79	N/A
Autores		158	100
Palabras claves		190	N/A

Fuente: El autor. Elaborado a partir de Scopus® y Web Of Science®. Jun, 2020.

3. Publicaciones efectuadas por años

En el intervalo de tiempo a estudio 2015-2020, se percibe en el 2015 se efectuó el número más bajo de divulgaciones científicas en materia de Inteligencia Computacional, 07 documentos; en 2016-2017 hubo una homogeneidad en la cantidad de difusiones relacionadas y enfocadas en dicha temática, 12 documentos; La cantidad reflejada en el 2018 tuvo un incremento superior al 50% en las divulgaciones científicas, 33 documentos, siendo el hincapié para que un año después 2019, sufriese un aumento en la difusión de

resultados científicos; 08 Artículos, este fue el punto de inflexión para que el número de prospectos académicos superara lo realizado años previos 2016-2017, permitiendo que, en lo corrido del año 2020 las publicaciones académicas aumentaron cerca de un 60%; 44 Artículos en total.

Estos antecedentes exhortan al hecho de que, se ha fomentado aún más la labor científica en cuanto a Inteligencia computacional, a fin de afianzar la labor investigativa para brindar mejores resultados [21], [22].

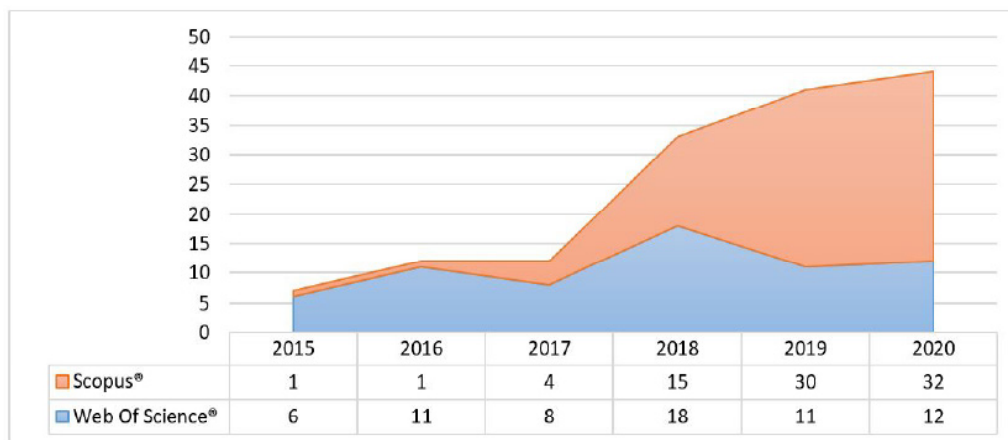


Gráfico 1. Progreso de las publicaciones científicas, Investigaciones por año

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Jun, 2020.

4. Publicaciones efectuadas por países

Entre los países que ha efectuado una mayor contribución científica en temas relacionados a la inteligencia computacional, sobresale en primer lugar España con 28 publicaciones, en segundo lugar, India con 27, y en el tercer lugar, China con 22. Seguidos por Estados Unidos y Reino Unido con un promedio de 17 a 19 documentos divulgados. Italia con 13 y Canadá con 12 divulgaciones, y en último lugar Australia con 11 documentos. Estos hallazgos permiten inferir que, la Inteligencia computacional se está encausando a la búsqueda de nuevas alternativas de uso o aplicaciones. (Grafico 2).

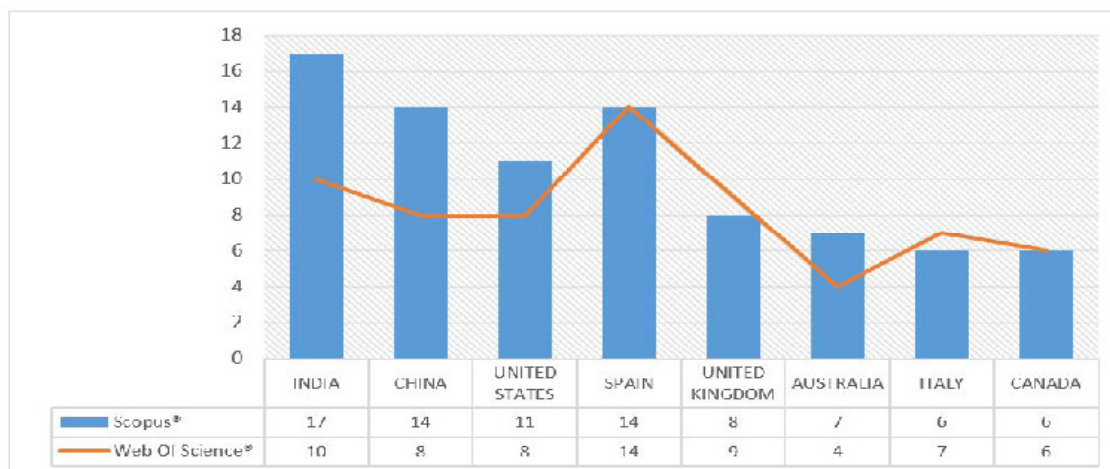


Grafico 2. Productividad científica, Investigaciones por país

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Jun, 2020.

Estos países han permanecido en los ocho primeros lugares de acuerdo a los informes de la *CiteScore™ metrics: bibliometric analysis*, quien establece el nivel de calidad, citación y enlace de fuerza “*Link Strength*” de los documentos científicos publicados en las bases de datos de Scopus® y Web Of Science®, Tabla III.

Tabla III. Resultados de la *CiteScore™ metrics: bibliometric analysis*

Country	Ranking	Scopus®			Web Of Science®		
		Documents	Citations	Link strength	Documents	Citations	Link Strength
India		17	68	5	10	112	6
China		14	215	8	8	327	5
United States		11	318	6	8	297	4
Spain		14	178	2	14	401	2
United Kingdom		8	6	4	9	76	7
Australia		7	3	4	4	13	4
Italy		6	148	3	7	51	8
Canada		6	197	4	6	46	7

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Soporte Software Vosviewer® [Versión 1.6.9.], destinado para la visualización de redes científicas. Jun, 2020.

España se mantiene en primer lugar por el número de publicaciones y citaciones, descendiendo al último lugar por su enlace de fuerza, siendo remplazado en tal aspecto por China,

quien sobresale además de sus citas y es tercero por número de publicaciones; en segundo lugar, India por el número de publicaciones, pero quien a su vez se disputa junto a Reino Unido, Italia y Canadá dicha posición por el enlace de fuerza. Por otra parte, Estados Unidos ha disminuido el total de sus documentos y enlace de fuerza, afectando directamente su nivel de impacto, ubicándolo en tercer lugar; Canadá por

otra parte, ha disminuido el número de sus publicaciones, pero se mantiene por encima de Italia quien ha venido sumando esfuerzos para obtener mejores resultados superando a Australia quien llegado a ser uno de los últimos ocupando el 8 lugar en este Ranking debido a que es el país que menos publicaciones ha realizado, pero las cuales están generando un fuerte impacto.

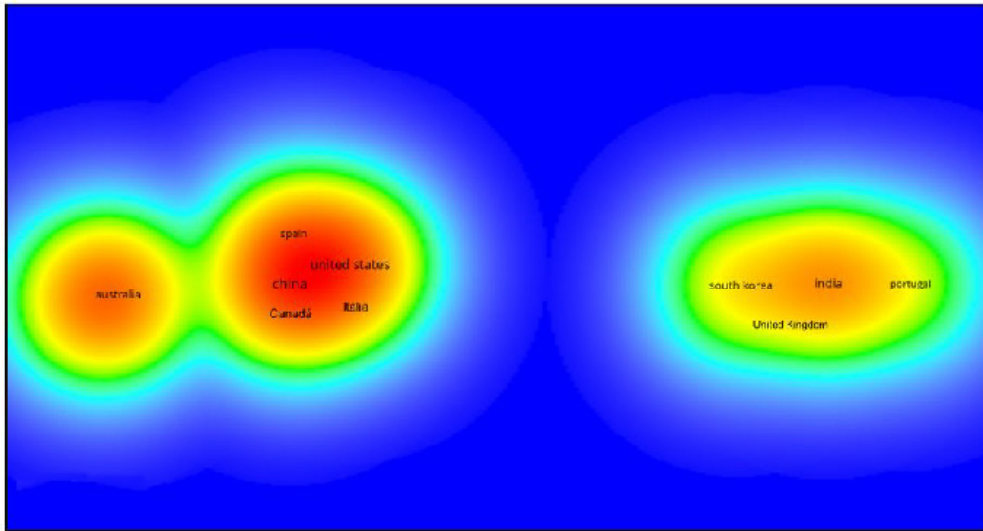


Figura 2. Captación termográfica de las publicaciones científicas, Investigaciones por países

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Soporte Software Vosviewer® [Versión 1.6.9.], destinado para la visualización de redes científicas. Jun, 2020.

En la Captación Termográfica de la Figura 2, se visualiza un aumento de la labor científica, la cual ha involucrado significativamente a otros países, el crecimiento y avance de ello ha generado una nudosidad que contribuye para que las nuevas investigaciones se centren de forma objetiva en la inteligencia computacional. India y China se destacan entre los países que han acrecentado dicha temática, dado que estos denotan una amplia anuencia científica, que se ve reflejada en las citas u/o referencias de sus investigaciones permitiendo generar un Clúster más definido y objetivo. Después de una relación inicial bastante débil que se obtuvo durante el 2015 (Grafico 1), se generó una gran cofradía de autores, lo cual favoreció la investigación científica ocasionando mayor impacto y

estrategias de crecimiento permitiendo marcar las nuevas tendencias mundiales.

5. Redes bibliométricas

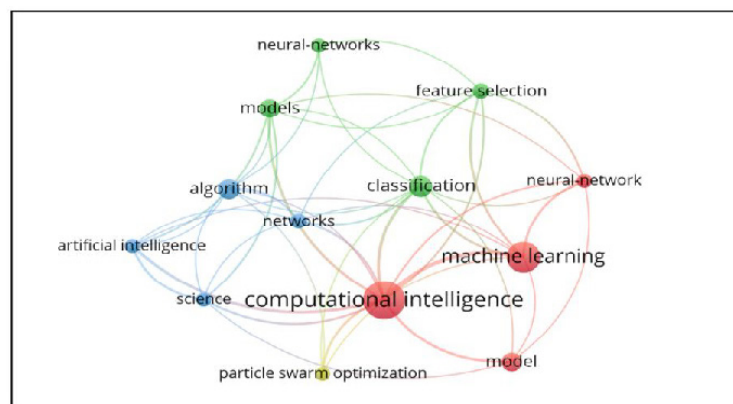


Figura 4. Red de vinculación de las palabras claves asociadas a la ecuación de búsqueda

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Soporte Software Vosviewer® [Versión 1.6.9.], destinado para la visualización de redes científicas. Jun, 2020.

En general, se observa una correlación científica que está en continuo progreso, los resultados en terminología a las palabras claves asociadas a la ecuación de búsqueda, permiten determinar nuevos ámbitos de aplicación u aportes de la inteligencia computacional. Cada nuevo enfoque producto de la adición de dicha temática, genera nuevos panoramas de mayor o menor medida y nuevas alianzas científicas en el tiempo determinado de estudio. Por lo tanto, las implicaciones teórico-prácticas llegan a

ser muy difíciles de predecir a largo plazo.

Lo anterior, puede discernir que, en términos de vinculación de las palabras claves halladas en los documentos de estudio, los principales nuevos enfoques para la inteligencia computacional son: Aprendizaje automático, Clasificación, Inteligencia artificial, Selección de características, Clasificación de algoritmos, Redes neuronales, Sistemas inteligentes; ver Tabla IV.

Tabla IV. Número de registro de palabras claves

No.	Keywords	No. Occurrences	No. Total links
1	Aprendizaje automático	17	22
2	Clasificación	10	13
3	Inteligencia artificial	5	13
4	Selección de características	6	12
5	Clasificación de algoritmos	9	9
6	Redes neuronales	5	10

Fuente: El autor. Elaborado a partir de Scopus® y Web Of Science®. Jun, 2020

6. Correlación de autores

En esta sección se resalta los conceptos emitidos por Fogel, 1995; Bezdek, 1998 y Chen y Yi, 2004, quienes definen a la inteligencia computacional como métodos y sistemas computacionales utilizados para brindar soluciones complejas de problemas, mediante mecanismos de reconocimiento de patrones y datos numéricos; por otro

lado autores como: Hassanien et al., 2009; Kroll y Mikut, 2008; Eberhart y Shi, 2007, han afirmado que la inteligencia computacional está enfocada en la aplicación de mecanismos adaptativos que posibilitan comportamientos sistemáticos inteligentes y cambiantes, facilitando la resolución de problemas, el diseño de nuevos sistemas y la comprensión del comportamiento humano, entre muchas otras cosas.

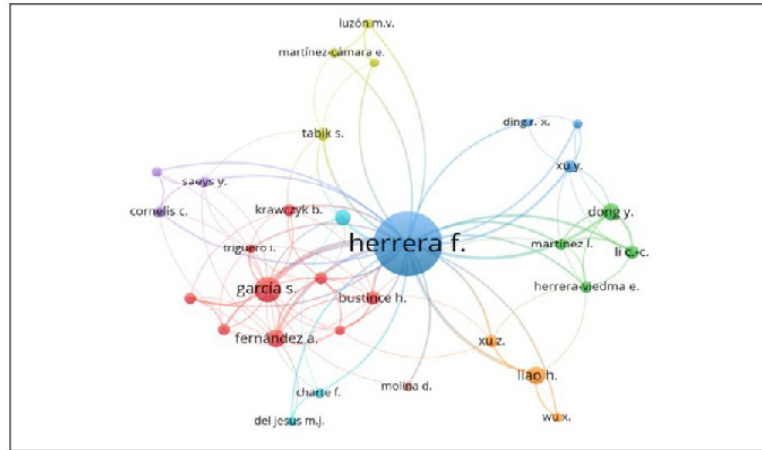


Figura 4. Red de vinculación de autores asociados a la ecuación de búsqueda

Fuente: El autor. Elaborado a partir de datos de Scopus® y Web Of Science®. Soporte Software Vosviewer® [Versión 1.6.9.], destinado para la visualización de redes científicas. Jun, 2020

Conclusiones

En este documento se presentó una revisión sistemática de literatura enfocada en la inteligencia computacional, del análisis efectuado se puede extraer como conclusión que, el campo de la Inteligencia computacional está enfocado particularmente hacia el aprendizaje autónomo, sistemas de clasificación e inteligencia artificial lo cual resulta ser de vital importancia para esta ciencia.

En el intervalo de tiempo de estudio, las redes bibliométricas reflejaron que la inteligencia computacional es vista como una forma estructurada de disolución de problemas de niveles inferiores. Así mismo, dichos enfoques están debidamente relacionados por la complejidad de su aprendizaje. La correlación de los subtemas presenta en la actualidad un incremento vertiginoso; esto puede ser notorio en los mapas de progresión científica de los últimos años (intervalo de tiempo 2015-2020).

En las últimas representaciones gráficas se percibió claramente que el aprendizaje automático y la inteligencia artificial son temáticas aparentemente diversas y diferentes, de lo cual se puede apreciar en los

últimos años el desarrollo de la inteligencia computacional se ha acrecentado, tal hecho se ve reflejado en que numerosos investigadores detallan que las redes neuronales y el aprendizaje automático están enfocados a áreas similares, los cuales ayudan a la solución de problemas de una forma más satisfactoria.

Este estudio demuestra que el interés de los investigadores sobre la inteligencia computacional ha aumentado significativamente durante los últimos años, enfocándose hacia el aprendizaje automático, la selección de características y clasificación de algoritmos; Para ellos es indispensable establecer nuevos sistemas que rivalicen con el ser humano; dado que, la información referente en tales prácticas es exigua o limitada, ello requiere un enfoque práctico hacia áreas como el reconocimiento de patrones y el procesamiento de información para optimizar la comprensión, el razonamiento y la planificación para la resolución de problemas.

Referencias

- [1] K. Börner, C. Chen, y K. W. Boyack, "Visualizing knowledge domains", *Annu. Rev. Inf. Sci. Technol.*, vol. 37, pp. 179–

- 255, 2003.
- [2] C. Okoli y K. Schabram, “Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research”, *Work. Pap. Inf. Syst.*, 2010.
- [3] M. Dixon-Woods, S. Agarwal, D. Jones, B. Young, y A. Sutton, “Synthesising qualitative and quantitative evidence: a review of possible methods”, *J. Heal. Serv. Res. Policy*, vol. 10, núm. 1, pp. 45–53, ene. 2005.
- [4] A. J. Onwuegbuzie, N. L. Leech, y K. M. T. Collins, “Qualitative Analysis Techniques for the Review of the Literature”, 2012.
- [5] M. J. Grant y A. Booth, “A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies”, *Heal. Inf. Libr. J.*, vol. 26, núm. 2, pp. 91–108, jun. 2009.
- [6] A. Christoforou y A. S. Andreou, “A Multilayer Fuzzy Cognitive Maps approach to the cloud adoption decision support problem”, en *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 2015, vol. 2015-November, pp. 1–8.
- [7] S. S. Ge, T. M. Guerra, F. L. Lewis, J. C. Principe, y M. Colnarič, “Computational Intelligence in Control”, *IFAC Proc. Vol.*, vol. 47, núm. 3, pp. 8867–8878, 2014.
- [8] S. Saeedi, R. Chavarriaga, R. Leeb, y J. D. R. Millan, “Adaptive Assistance for Brain-Computer Interfaces by Online Prediction of Command Reliability”, *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 11, núm. 1, pp. 32–39, feb. 2016.
- [9] L. Wang, Q. Zhang, A. Zhou, M. Gong, y L. Jiao, “Constrained Subproblems in a Decomposition-Based Multiobjective Evolutionary Algorithm”, *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 20, núm. 3, pp. 475–480, jun. 2016.
- [10] V. Piuri, F. Scotti, y M. Roveri, “Computational intelligence in industrial quality control”, en *IEEE International Workshop on Intelligent Signal Processing - Proceedings*, 2005, pp. 4–9.
- [11] E. Lakshika y M. Barlow, “Computational Intelligence Approaches to Computational Aesthetics”, 2018, pp. 81–92.
- [12] M. Frank, D. Drikakis, y V. Charissis, “Machine-learning methods for computational science and engineering”, *Computation*, vol. 8, núm. 1. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 01-mar-2020.
- [13] D. Fogel, “Evolutionary computation - toward a new philosophy of machine intelligence”, 1995.
- [14] J. C. Bezdek, “Computational Intelligence Defined - By Everyone !”, en *Computational Intelligence: Soft Computing and Fuzzy-Neuro Integration with Applications*, Springer Berlin Heidelberg, 1998, pp. 10–37.
- [15] D. Poole, A. Mackworth, y R. Goebel, *Computational Intelligence: A Logical Approach*. New York: Oxford University Press, 1998.
- [16] A. Kusiak, “Computational Intelligence in Design and Manufacturing”, *Assem. Autom.*, vol. 21, núm. 3, pp. 275–276, sep. 2001.
- [17] S. Dick y A. Kandel, *Computational Intelligence in Software Quality Assurance*, vol. 63. WORLD SCIENTIFIC, 2005.
- [18] Y. Q. Chen y Z. Yi, “Computational

- intelligence in control engineering”, *Int. J. Robust Nonlinear Control*, vol. 14, núm. 12, pp. 1081–1083, ago. 2004.
- [19]A. P. Engelbrecht, *Computational Intelligence: An Introduction: Second Edition*. John Wiley and Sons, 2007.
- [20]D. P. Hudedagaddi y B. K. Tripathy, “Quantum inspired computational intelligent techniques in image segmentation”, en *Quantum Inspired Computational Intelligence: Research and Applications*, Elsevier Inc., 2017, pp. 233–258.
- [21]T. Hanne y R. Dornberger, “Adapting the Teaching of Computational Intelligence Techniques to Improve Learning Outcomes”, en *Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 294, Springer, 2021, pp. 113–129.
- [22]N. Ansari y N. Hou, *Computational Intelligence for Optimization*, 1a ed. New York: Springer US, 1997.
- [23]A. E. Hassanien, A. Abraham, y F. Herrera, *Foundations of Computational Intelligence*, vol. 2. 2009.
- [24]A. Kroll y R. Mikut, “Computational Intelligence”, *At-Automatisierungstechnik*, vol. 56, núm. 7, pp. 335–338, ene. 2008.
- [25]R. C. Eberhart y Y. Shi, *Computational Intelligence*. Elsevier Inc., 2007.