

Online Labs: A Perspective Based on Bibliometric Analysis

Eliseo Zarate-Perez, Ph. D. Student^{1,2}, Rafael Sebastián, Ph. D³, and Juan Grados, Ph. D⁴

¹Facultad de ingeniería, Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.pe

²Programa de doctorado en tecnologías industriales, UNED, España, ezarate9@alumno.uned.es

³Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, ETSII UNED, España, rsebastian@ieec.uned.es

⁴Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, jhgradosg@unac.edu.pe

Abstract– The main objective of this contribution was to carry out a conceptual scientific mapping analysis of the research of virtual laboratories applied in engineering technologies. The SciMAT software tool is used with an approach that allows us to discover the main research topics and analyze them according to their performance and impact measures. A number of 429 documents were retrieved from the Scopus database from the period 2000 to 2020 to build the results. Consequently, the researchers focus on 5 key topics: online labs, educational computing, online experiments, laboratory experiments, and networked control systems. In this way, topics such as online laboratories, educational computing and online experiments are considered the motor topics of the specialty for the last evaluated period (2016-2020).

Keywords– Online laboratories, remote laboratories, virtual laboratories.

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.267>
ISBN: 978-958-52071-8-9 **ISSN:** 2414-6390
DO NOT REMOVE

Laboratorios en Línea: Una Perspectiva Basada en el Análisis Bibliométrico

Eliseo Zarate-Perez, Ph. D. Student^{1,2}, Rafael Sebastián, Ph. D³, and Juan Grados, Ph. D⁴

¹Facultad de ingeniería, Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.pe

²Programa de doctorado en tecnologías industriales, UNED, España, ezarate9@alumno.uned.es

³Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, ETSII UNED, España, rsebastian@ieec.uned.es

⁴Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, jhgradosg@unac.edu.pe

Resumen– El objetivo principal de esta contribución fue realizar un análisis de mapeo científico conceptual de la investigación de los laboratorios virtuales aplicados en tecnologías de ingeniería. La herramienta de software SciMAT se emplea con un enfoque que nos permite descubrir los principales temas de investigación y analizarlos según su desempeño y medidas de impacto. Se recuperaron una cantidad de 429 documentos de la base de datos Scopus del periodo 2000 a 2020 para permitir los resultados. En consecuencia, se muestra que los investigadores se centran en 5 temas clave: laboratorios en línea, computación educativa, experimentos en línea, experimentos de laboratorio y sistemas de control en red. De esa forma, los tópicos como laboratorios en línea, computación educativa y experimentos en línea se consideran los temas motores de la especialidad para el último periodo evaluado (2016-2020).

Palabras clave-- laboratorios online, laboratorios remotos, laboratorios virtuales.

I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 es un gran desafío para los sistemas educativos. Muchos gobiernos han ordenado a las instituciones que cesen la instrucción presencial para la mayoría de sus estudiantes, lo que les exige que se cambien, casi de la noche a la mañana, a la enseñanza en línea y la educación virtual [1]. Algunos ejemplos tecnológicos más relevantes de modelos educativos que se está aplicando son el aprendizaje a distancia, e-learning, laboratorios virtuales (conocidos también como laboratorio remoto, móvil, híbrido, y simulación de laboratorio), realidad virtual, sistemas virtuales basados en dinámicas y el nuevo concepto general de educación inmersiva que integra varias de estas ideas juntas [2].

Anteriormente, la educación a distancia basada en internet apareció como la primera respuesta a los desafíos resultantes de la tendencia a una mayor globalización de la educación. Esta tendencia significó eliminar todos los obstáculos que limitaban el acceso a la educación, haciendo que ella estuviera disponible para todos independientemente de muchos factores y, en algunos casos, con la creación de universidades totalmente basadas en internet [3]. Es por ello que se plantea una serie de nuevas ideas que aparecen en la literatura relacionada con el futuro de la educación y, en particular, con la enseñanza de la ciencia, la tecnología y la ingeniería [2].

Algunos de esos planteamientos relacionados son nociones novedosas, mientras que otras son una reorganización de ideas existentes en un nuevo contexto. Los temas mencionados y las tecnologías correspondientes pueden abrir el camino a la educación avanzada en disciplinas de la tecnología e ingeniería [2]. Sin embargo, para superar las limitaciones del uso de los laboratorios remotos, se desarrollan representaciones virtuales con diferentes técnicas, como por ejemplo, la realidad aumentada y la fabricación aditiva [4]. Esas técnicas presentan limitaciones en función de su complejidad y altos costos de implementación. Por lo expuesto, el uso de los laboratorios virtuales aplicados en tecnologías de ingeniería actualmente se presentan de una forma reducida [5].

Por ese motivo, la adopción de soluciones para implementar laboratorios virtuales en tecnologías de ingeniería, demanda de la determinación de variables, metodologías o conceptos que contribuyan la asimilación y desenvolvimiento de productos de esa índole. Por tanto, el objetivo principal de esta contribución fue realizar un análisis de mapeo científico conceptual de la investigación realizada respecto a los laboratorios virtuales aplicados en tecnologías de ingeniería. Es decir, se realizó un análisis bibliométrico utilizando el software SciMAT (*science mapping analysis tool*) [6].

Este trabajo aportará al campo de investigación al definir las tendencias y modelos, identificar los tópicos importantes y sugerir áreas para próximos estudios referentes al uso y aplicación de los laboratorios virtuales de tecnologías de ingeniería. De tal forma, el trabajo está distribuido de la siguiente manera: La segunda parte describe la sección metodológica (Sección 2). Seguidamente, se presenta en detalle los datos utilizados para el análisis en la Sección 3. En la Sección 4 se presenta el análisis conceptual de los tópicos relevantes. Finalmente, en la sección 5 se presenta las conclusiones.

II. METODOLOGÍA

El mapeo científico o bibliométrico es una representación espacial de cómo las disciplinas, campos, especialidades, documentos o autores se relacionan entre ellos [7]. Este método ha sido ampliamente utilizado para mostrar y descubrir los elementos clave ocultos como documentos, autores, y temas en diferentes campos de investigación [8], [9], [10]. El análisis de mapas científicos se puede realizar con

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

diferentes herramientas de software. En particular, en [6] se presenta a SciMAT como una poderosa herramienta que integra la mayoría de las ventajas de los instrumentos de software de mapeo científico disponibles [11].

SciMAT Es una herramienta de software de código abierto y fue diseñado de acuerdo con el enfoque de análisis de mapeo científico presentado en [12]. Esta herramienta combina técnicas de análisis de desempeño y de mapeo científico para analizar un campo de investigación, detectar y visualizar sus subdominios conceptuales. Por lo tanto, en esta contribución, se empleó SciMAT para desarrollar un análisis de mapeo científico conceptual longitudinal [13], [11] basado en redes bibliográficas de palabras conjuntas [14]. Así, el análisis se realizó en tres etapas y se presenta a continuación.

A. Detección de temas de investigación

En cada periodo estudiado, los temas de investigación correspondientes se detectan aplicando un análisis de palabras conjuntas a los datos brutos de todos los documentos publicados y seleccionados del campo de investigación tratado [15]. Seguidamente, se realiza un agrupamiento de palabras clave por tópicos para localizar las redes de palabras clave fuertemente ligadas entre ellas y que son objeto de gran interés entre los investigadores [16]. Por último, la similitud entre las palabras clave se evalúa mediante el índice de equivalencia [17].

B. Visualización de temas de investigación y red temática

En esta fase, los temas detectados se visualizan mediante dos instrumentos de visualización diferentes: diagrama estratégico [18] y red temática [12]. Cada tema se puede caracterizar por las medidas de centralidad y densidad. La centralidad mide el grado de interacción de una red con otras redes y la densidad mide la fuerza interna de la red [6]. Dadas ambas medidas, un campo de investigación puede visualizarse como un conjunto de tópicos de investigación, mapeado en un diagrama estratégico bidimensional y clasificado en cuatro grupos, tal y como se presenta en la Fig. 1.

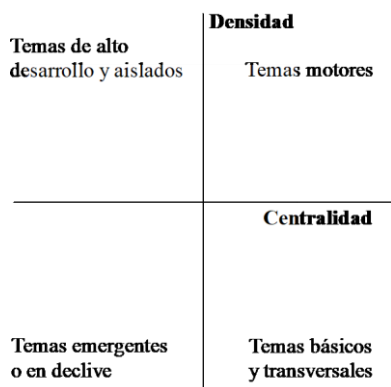


Fig. 1 Descripción del diagrama estratégico.

i) Los temas del cuadrante superior derecho están bien desarrollados y son importantes para la estructura del campo de investigación. Se les conoce como los temas motores de la

especialidad, dado que presentan una fuerte centralidad y alta densidad. ii) Los temas en el cuadrante superior izquierdo tienen vínculos internos bien desarrollados, pero vínculos externos sin importancia. Por lo tanto, son de importancia marginal para el campo. Estos temas son muy especializados y periféricos.

iii) De igual manera, los temas del cuadrante inferior izquierdo están poco desarrollados y son marginales. Los temas de este cuadrante tienen baja densidad y centralidad y representan principalmente temas emergentes o en declive. iv) Finalmente, los temas en el cuadrante inferior derecho son importantes para un campo de investigación, pero no están desarrollados. Este cuadrante contiene temas básicos transversales y generales.

C. Análisis de desempeño

En esta etapa, la contribución relativa de los temas al campo de investigación tratado se mide cuantitativa y cualitativamente, estableciendo los subcampos más destacados y de mayor impacto. Ello se realiza por medio de los indicadores bibliométricos como el número de documentos publicados, citas e índice h [19]. Para cada tema, la medida de desempeño se calcula teniendo en cuenta los documentos asociados a él. Así, por ejemplo, el índice h se calcula utilizando las citas de los documentos del tema [20], [21].

III. CONJUNTO DE DATOS SELECCIONADO

Dado que Scopus es considerada una base de datos bibliográfica importante, de ella se descargaron los documentos de investigación relacionados con el campo y se utilizó la sección "Title / Abstract / Keyword" con las palabras clave "Online Laboratories" OR "Online laboratory". La búsqueda recuperó un total de 485 documentos. Limitando a artículos originales publicados en revistas y congresos se obtuvieron a 429 documentos para el periodo entre el 2000 y 2020, como se aprecia en la Fig. 2.

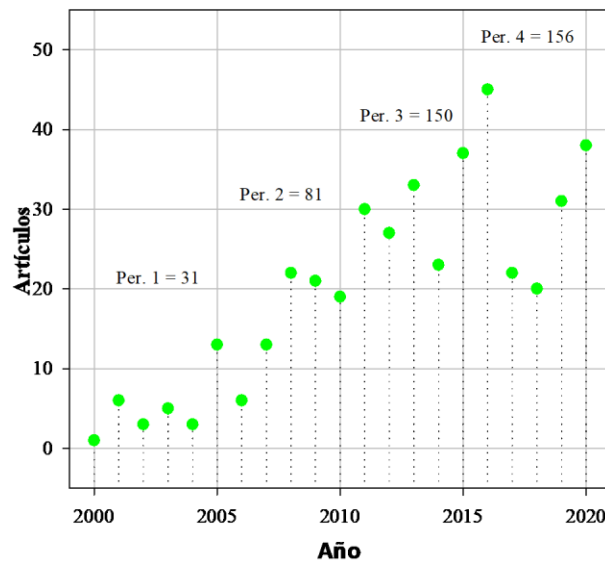


Fig. 2 Distribución de los documentos recuperados por años.

El conjunto de documentos se ingresó en SciMAT para construir la base de conocimientos para el análisis de mapas científicos. Para mejorar la calidad de los datos, se aplicó un proceso de verificación de duplicación, tanto de las palabras clave como autores. Seguidamente, se agruparon las palabras que representan el mismo concepto, eliminándose algunas de ellas sin sentido en este contexto, como palabras vacías o palabras con un significado muy amplio y general.

IV. ANÁLISIS CONCEPTUAL

A. Evolución de los temas de investigación

Los diagramas estratégicos muestran la preocupación de los investigadores en determinados temas clave, juntamente con el tema de laboratorios online. En la Fig. 3a se presenta el análisis para la cantidad de palabras clave por intervalos y su evolución. Es decir, el número de palabras clave que entran, salen, porcentaje de palabras clave que se retienen de un intervalo a otro.

Todos los periodos evaluados conservan cerca del 30% de las palabras clave entre ellos. Es decir, el número de palabras clave nuevas y de sustitución es alta, más la cantidad de palabras clave distribuidas se ha incrementado durante periodos consecutivos. Ello, podría mostrar de que el campo de investigación aún no ha llegado a su etapa de madurez científica.

La Fig. 3b presenta la evolución temática del campo de investigación de laboratorios en línea por medio de las interconexiones de los tópicos. Se observa que la fuerza de

asociación medida solo se mantiene para el tema de laboratorios en línea, que es medida por el índice de inclusión por medio del grosor de las líneas que lo interconecta. Desde el punto de vista del número de documentos, los métodos adoptados para este campo se relacionan paralelamente con la educación informática, Android, experimentos virtuales y educación en ingeniería. A su vez, estos no presentan una fuerza de asociación entre ellos y con el tema principal de laboratorios en línea.

Para analizar los temas más destacados del campo de investigación de los laboratorios online, se muestra un diagrama estratégico para el período 2016-2020. De igual forma que en el mapa de evolución, el volumen de las esferas es proporcional al número de documentos publicados y asociados a cada tema de investigación. Según el diagrama estratégico que se muestra en la Fig. 4, durante este período la investigación giró en torno a 5 temas: laboratorios en línea, computación educativa, experimentos en línea, experimentos de laboratorio y sistemas de control en red.

Los tópicos laboratorios en línea, computación educativa y experimentos en línea se consideran los temas motores de la especialidad para este periodo. Ellos se encuentran bien desarrollados y son importantes para la estructura del campo de investigación. Por otro lado, los temas de experimentos de laboratorio y sistemas de control en red se encuentran poco desarrollados, por ende, presenta baja densidad y centralidad y representan principalmente temas emergentes o en declive.

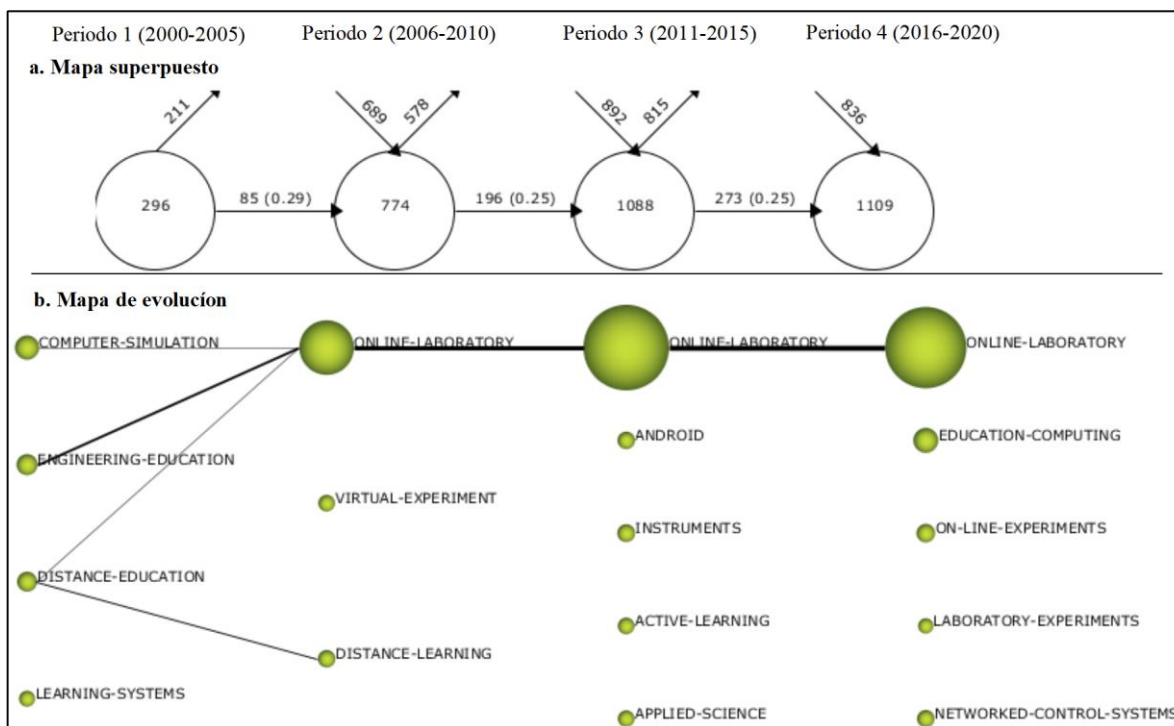


Fig. 3 Evolución de los temas de investigación para el campo de laboratorios en línea.

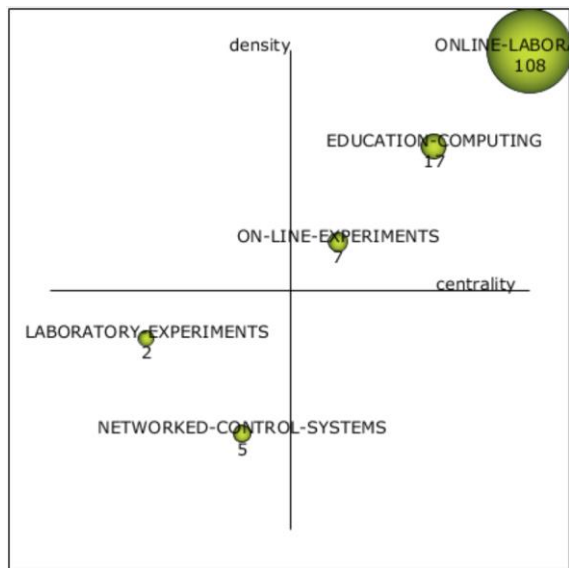


Fig. 4 Diagrama estratégico para el período 2016-2020.

TABLA I
MEDIDAS DE DESEMPEÑO PARA LOS TEMAS DEL PERIODO
2016-2020

Clúster (2016–2020)	Nº Doc.	Nº Citas	Centra-Lidad	Densi-Dad	Índice H
Online laboratory	108	375	105.7	42.9	9
Education computing	17	93	58.34	36.29	4
On-line experiments	7	16	15.79	27.79	2
Laboratory experiments	2	3	8.74	14.22	1
Networked control systems	5	27	14.41	8.33	3

Las medidas de desempeño de los temas para el periodo 2016-2020 se presentan en la Tabla I, mostrando el número de documentos, citas y el índice-h por temas. De acuerdo con estas medidas de desempeño, se destacan los siguientes temas como laboratorios en línea y computación educativa con 375 y 93 citas respectivamente, con un índice-h de 9 y 4 en el mismo orden.

De acuerdo con los resultados, el tema más importante del campo de investigación de laboratorios en línea está representado por: sistemas en línea, laboratorios remotos, laboratorios virtuales, aprendizaje electrónico, educación basada en la web, interfaces de usuario, laboratorios para estudiantes, laboratorios de investigación, laboratorio de control remoto y educación a distancia, tal y como se presenta en la Fig. 5.

El uso de laboratorios remotos para la educación en temas de control se está convirtiendo cada vez más en un método recurrido por las universidades para ofrecer un servicio flexible en horarios con mayor y mejor funcionamiento de los recursos disponibles. Sin embargo, para las actividades de investigación, los laboratorios remotos no se utilizan ampliamente [22].

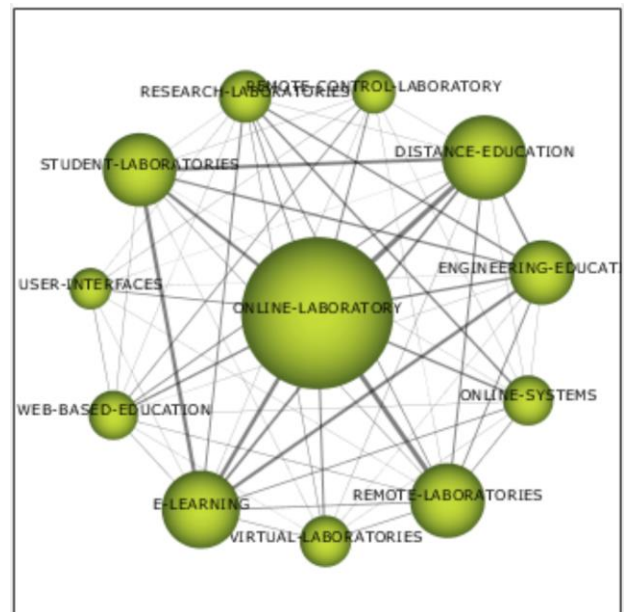


Fig. 5 Tema de laboratorios en línea.

El tema computación educativa (Fig. 6) reúne los siguientes tópicos como sistemas abiertos, software de código abierto, educación en ingeniería de control e instrucción asistida por computadora. La instrucción asistida por computadora se refiere a las instrucciones realizadas por una computadora en base a un programa educativo. Por ejemplo, estas brindan retroalimentación inmediata, permitiendo a los estudiantes saber si su respuesta es correcta. Si la respuesta no es correcta, el programa muestra a los estudiantes cómo responder correctamente a la pregunta [23].

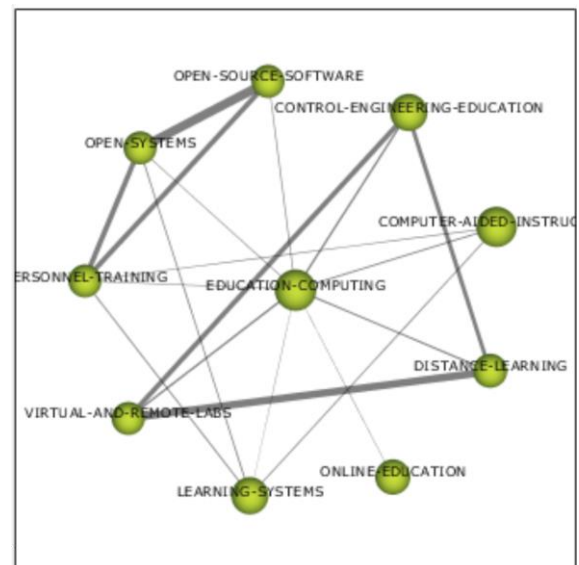


Fig. 6 Tema computación educativa.

El tema experimentos en línea (Fig. 7) incluye a los temas de entorno de simulación y Matlab. Según como se menciona

en [24], existen dos enfoques para realizar laboratorios en línea, es decir laboratorios virtuales y remotos. El laboratorio virtual se basa en software para simular el entorno del laboratorio, mientras que el laboratorio remoto, por definición, es un experimento que se realiza y controla de forma remota a través de Internet. Estos experimentos utilizan componentes o instrumentación real en un lugar diferente de donde se controlan o realizan. Por otro lado, Matlab es una plataforma de programación diseñada específicamente para los ingenieros y científicos, contiene un lenguaje basado en matrices, que permite la expresión más natural de las matemáticas computacionales [25].

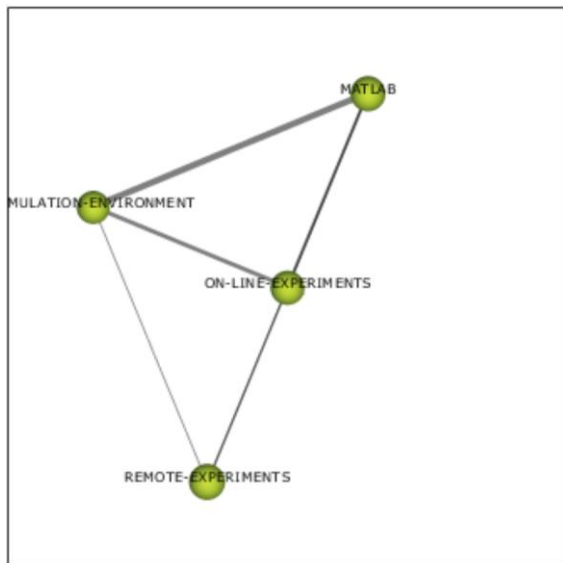


Fig. 7 Tema experimentos en línea.

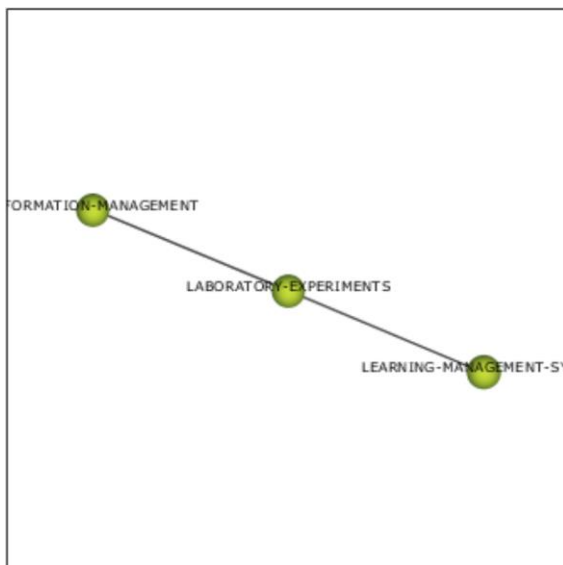


Fig. 8 Tema experimentos de laboratorio.

El tema experimentos de laboratorio (Fig. 8) contiene los tópicos como el sistema de gestión del aprendizaje y gestión

de la información. Dentro de la gestión de aprendizaje e información, en [26], se menciona que el aprendizaje a distancia implica una especie de industrialización de la educación. Al igual que en la producción industrial, es necesario compartir las tareas, planificar cuidadosamente los resultados y los métodos a utilizar, elaborar los contenidos del curso y los medios en los que se insertarán, y tener en mente a un gran número de alumnos. En base a ello, los sistemas de gestión del aprendizaje implican una estandarización de los productos de aprendizaje, como si se tratara de un proceso de producción y distribución masiva de aprendizajes.

III. CONCLUSIONES

En esta contribución se ha realizado un análisis del mapeo científico conceptual de los artículos publicados para el periodo 2000 a 2020 dentro del campo de investigación de los laboratorios en línea. El análisis se llevó a cabo utilizando SciMAT, en base a la recuperación por medio de Scopus de 429 documentos relacionados con el campo. Los documentos se recuperaron mediante una consulta en la que el término de búsqueda fue: "Online Laboratories" OR "Online laboratory". Por lo tanto, la base seleccionada solo contiene documentos que incluyen explícitamente esos términos en el resumen, título o palabras clave.

Como resultado del análisis del mapeo científico realizado, cabe destacar que el enfoque de los investigadores giró en torno a 5 temas: laboratorios en línea, computación educativa, experimentos en línea, experimentos de laboratorio y sistemas de control en red. De esa forma, los tópicos como laboratorios en línea, computación educativa y experimentos en línea se consideran los temas motores de la especialidad evaluados para el periodo de 2016 a 2020. Ellos se encuentran bien desarrollados y son importantes para la estructura del campo de investigación. De acuerdo con las medidas de desempeño, se destacan los temas de laboratorios en línea y computación educativa por tener mayor número de citas e índice-h.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo en parte de la Universidad Privada del Norte (UPN), por su asistencia en este estudio.

REFERENCIAS

- [1] S. J. Daniel, "Education and the COVID-19 pandemic," *Prospects*, vol. 49, no. 1–2, pp. 91–96, Oct. 2020, doi: 10.1007/s11125-020-09464-3.
- [2] V. Potkonjak *et al.*, "Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review," *Comput. Educ.*, vol. 95, pp. 309–327, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2016.02.002.
- [3] L. Motiwalla and S. Tello, "Distance Learning on the Internet: An Exploratory Study," *Internet High. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 253–264, Dec. 2000, doi: 10.1016/s1096-7516(00)00026-9.
- [4] J. Grodotzki, T. R. Ortelt, and A. E. Tekkaya, "Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University," in *Procedia Manufacturing*, Jan. 2018, vol. 26, pp. 1349–1360, doi: 10.1016/j.promfg.2018.07.126.
- [5] V. Potkonjak, M. Vukobratović, K. Jovanović, and M. Medenica,

- “Virtual Mechatronic/Robotic laboratory - A step further in distance learning,” *Comput. Educ.*, vol. 55, no. 2, pp. 465–475, Sep. 2010, doi: 10.1016/j.compedu.2010.02.010.
- [6] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “SciMAT: A new science mapping analysis software tool,” *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, no. 8, pp. 1609–1630, Aug. 2012, doi: 10.1002/asi.22688.
- [7] H. Small, “Visualizing science by citation mapping,” *J. Am. Soc. Inf. Sci.*, vol. 50, no. 9, Jul. 1999, Accessed: Apr. 24, 2021. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/308915.308932#d62049101e1>.
- [8] J. R. López-Robles, M. J. Cobo, N. K. Gamboa-Rosales, and E. Herrera-Viedma, “Mapping the intellectual structure of the international journal of computers communications and control: A content analysis from 2015 to 2019,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, vol. 1243 AISC, pp. 296–303, doi: 10.1007/978-3-030-53651-0_25.
- [9] J. R. López-Robles, J. R. Otegi-Olaso, I. Porto-Gomez, H. Gamboa-Rosales, and N. K. Gamboa-Rosales, “Understanding the intellectual structure and evolution of Competitive Intelligence: a bibliometric analysis from 1984 to 2017,” *Technol. Anal. Strateg. Manag.*, vol. 32, no. 5, pp. 604–619, May 2020, doi: 10.1080/09537325.2019.1686136.
- [10] C. Díaz-López, M. Carpio, M. Martín-Morales, and M. Zamorano, “Analysis of the scientific evolution of sustainable building assessment methods,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 49, p. 101610, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101610.
- [11] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools,” *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 62, no. 7, pp. 1382–1402, Jul. 2011, doi: 10.1002/asi.21525.
- [12] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field,” *J. Informetr.*, vol. 5, no. 1, pp. 146–166, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.joi.2010.10.002.
- [13] K. Börner, C. Chen, and K. W. Boyack, “Visualizing knowledge domains,” *Annu. Rev. Inf. Sci. Technol.*, vol. 37, no. 1, pp. 179–255, Jan. 2005, doi: 10.1002/aris.1440370106.
- [14] V. Batagelj and M. Cerinšek, “On bibliographic networks,” *Scientometrics*, vol. 96, no. 3, pp. 845–864, Jan. 2013, doi: 10.1007/s11192-012-0940-1.
- [15] M. Callon, J.-P. Courtial, W. A. Turner, and S. Bauin, “From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis,” *Soc. Sci. Inf.*, vol. 22, no. 2, pp. 191–235, Mar. 1983, doi: 10.1177/053901883022002003.
- [16] N. Coulter, I. Monarch, and S. Konda, “Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis,” *J. Am. Soc. Inf. Sci.*, vol. 49, no. 13, pp. 1206–1223, Nov. 1998, doi: 10.1002/(SICI)1097-4571(1998)49:13<1206::AID-ASI7>3.0.CO;2-F.
- [17] M. Callon, J. P. Courtial, and F. Laville, “Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry,” *Scientometrics*, vol. 22, no. 1, pp. 155–205, Sep. 1991, doi: 10.1007/BF02019280.
- [18] H. Qin, “Knowledge Discovery Through Co-Word Analysis,” *IDEALS*, vol. 48, no. 1, pp. 133–159, 1999, doi: <http://hdl.handle.net/2142/8267>.
- [19] S. Alonso, F. J. Cabrerizo, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “h-Index: A review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields,” *J. Informetr.*, vol. 3, no. 4, pp. 273–289, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.joi.2009.04.001.
- [20] E. J. Zarate, M. Palumbo, A. L. T. Motta, and J. H. Grados, “Forecasting Photovoltaic Power Using Bagging Feed-Forward Neural Network,” *www.tjprc.org SCOPUS Indexed Journal editor@tjprc.org*, vol. 10, pp. 12479–12488, Jun. 2020.
- [21] E. J. Z. Perez, M. P. Fernández, and A. L. T. S. da Motta, “Performance Analysis of Bagging Feed-Forward Neural Network for Forecasting Building Energy Demand,” *Curr. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 30, no. 2, pp. 1–12, Oct. 2018, doi: 10.9734/CJAST/2018/44836.
- [22] I. Santana, M. Ferre, E. Izaguirre, R. Aracil, and L. Hernandez, “Remote laboratories for education and research purposes in automatic control systems,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 9, no. 1, pp. 547–556, Feb. 2013, doi: 10.1109/TII.2011.2182518.
- [23] R. Crooks, “Critical failure: Computer-aided instruction and the fantasy of information,” *IEEE Ann. Hist. Comput.*, vol. 40, no. 2, pp. 85–88, Apr. 2018, doi: 10.1109/MAHC.2018.022921447.
- [24] X. Chen, G. Song, and Y. Zhang, “Virtual and Remote Laboratory Development: A Review,” in *Earth and Space 2010*, Mar. 2010, pp. 3843–3852, doi: 10.1061/41096(366)368.
- [25] O. Sigmund, “A 99 line topology optimization code written in matlab,” *Struct. Multidiscip. Optim.*, vol. 21, no. 2, pp. 120–127, Apr. 2001, doi: 10.1007/s001580050176.
- [26] F. Mahnegar, “Learning Management System,” *Int. J. Bus. Soc. Sci.*, vol. 3, no. 12, pp. 144–150, 2012.