

Engineering education: an approach from the prism of communities of practice

La educación en ingeniería: un acercamiento desde el prisma de las comunidades de práctica.

Vicente Eugenio LEÓN¹, Illiriam QUINTERO²

¹veleonh@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5247-3174>

²iquintero@itesa.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-8095-1628>

Sent date: 2/11/2021

Abstract:

In this work, a study is carried out whose purpose is to know the thematic structure and main research objects in the field of engineering education, based on the codification of the titles of the works published in eight scientific journals whose only line is editorial engineering education in the period of time 2016-2021. The identified categories are presented in a network that those with scientific journals highlighting the absolute frequencies of citation. Based on the binary analysis (presence -1 / absence-0) in each journal, a study of similarity between the journals is carried out as an expression of the scientific production of communities of practice in engineering education, which allows evaluations to be made for the researchers of this scientific discipline.

Keywords: Engineering education, practice communities, co-word analysis, similarity.

Resumen:

En este trabajo se realiza un estudio que tiene como propósito conocer la estructura temática y principales frentes de investigación en el campo de la educación en ingeniería, a partir de la codificación de los títulos de los trabajos publicados en ocho revistas científicas que tienen como única línea editorial la educación en ingeniería, en el período de tiempo 2016- 2021. Las categorías identificadas se presentan en una red, destacando las frecuencias absolutas de citación. Sobre la base del análisis binario (presencia -1/ausencia-0) en cada revista, se realiza un estudio de similitud entre las revistas, comprendidas como comunidades de prácticas de Educación en Ingeniería, la que permite realizar valoraciones sobre los frentes de investigación de esta disciplina científica.

Palabras clave: educación en ingeniería, comunidades de prácticas, análisis de copalabras, similitud.

1. Introducción

La ingeniería es una actividad que ha acompañado a la sociedad en su devenir, aportando una gama diversa de productos, servicios y soluciones a problemáticas que el hombre ha ido enfrentando en todos los ámbitos de la actividad humana (Hill 2013; Garrison 2018). Sus soluciones están en la escala del macro y micromundo, en aspectos relacionados con la cotidianidad, como es el empleo de las diferentes fuentes de energía, la comunicación, el transporte terrestre, aéreo y marítimo, la industria alimentaria y de las confecciones, la vivienda, entre otras no menos importantes. Grandes avances exhiben en el campo de la nanotecnología, la ingeniería biomédica, posibilitando una mirada a la misma esencia del ser humano, así como a la comprensión de los procesos de pensamiento desde las neurociencias, por solo citar algunos ámbitos.

Lo anterior, nos hace compartir la idea de que, una mirada inteligente a la historia de la sociedad no se puede dar al margen de la contribución significativa de las ingenierías a la calidad de vida, a la conservación de ecosistemas, la supervivencia de especies de la flora y la fauna y del propio hombre (Maraghy 2011), así como al desarrollo económico y social de la humanidad (Aslaksen 2015). En este sentido se pudiera asegurar que las sociedades han interpretado a la ingeniería como una palanca del desarrollo, a partir de la formación de capital humano con capacidad para la innovación (Mohanty & Dash 2016), condicionado la mirada aguda sobre el ingeniero, sus saberes profesionales y el proceso de formación.

La educación en ingeniería, posee una larga tradición, que tuvo en sus inicios los resultados más novedosos de los institutos tecnológicos y escuelas profesionales de la Europa de los siglos XVIII y principios del XIX, principalmente de Francia, Alemania y Gran Bretaña (Miller 1993 y König 2016). Como en toda ciencia, la comprensión de su surgimiento y evolución debe realizarse desde un análisis integrado de factores epistémicos y extraepistémicos; rebasando los enfoques reduccionistas de las ciencias que pretenden hacer un análisis sobre la base de categorías estrictamente intelectuales, lógicas y cognitivas, por un análisis sistémico e integral que interconecte la multiplicidad de variables que condicionan su desarrollo (Otero 1998, citado en Viales 2017). Lo anterior nos permite comprender, la importancia de los aspectos, sociohistóricos, las tradiciones e identidades nacionales (Suasnábar 2013), así como las tendencias y reclamos regionales y mundiales de un mundo globalizado, donde se produce cierta tendencia al comportamiento de las ciencias como un sistema “relativamente autónomo” de esas particularidades territoriales (Bartolucci 2017).

La dinámica de las relaciones complejas entre los factores epistémicos y extraepistémicos dibujan una huella difusa en la evolución del cuadro de la educación en ingeniería como disciplina científica (corrientes, tendencias y escuelas), que no es ajena a las dinámicas propias de las disciplinas científicas o campos vecinos (Chavalarias & Cointet 2013) que operan como parte de sus fundamentos, como la filosofía, psicología, sociología, gestión, tecnología educativa, ..., así como a la naturaleza de la ingeniería como campo de formación. Otro factor decisivo en el análisis de la evolución de las disciplinas científicas, a lo cual no ha estado ajena la EE, lo constituye la membresía e identidad de la comunidad de esta ciencia, la que ha configurado ciertas racionalidades y comunidades de prácticas (CoP).

Los términos, educación en ingeniería, pedagogía de la ingeniería o educación superior en ingeniería, fungen como dominaciones de un mismo campo disciplinar que se encarga del estudio de la formación de ingenieros, por lo que sus cuerpos teóricos y metodológicos cumplen tareas cognitivas afines. En lo sucesivo al referirnos a esta disciplina usaremos el término EE. Su ubicación dentro del cuadro de las ciencias desde sus inicios centró el debate en posiciones que la concebían como, parte de la ingeniería o una ciencia de la educación.

Desde fecha bien temprana, en 1895 George F Swain en su discurso en la Tercera Reunión Anual de la Sociedad para la Promoción de la EE (SPEE), actual American Society for Engineering Education (ASEE) en calidad de presidente, considera un error asumir la profesión de la enseñanza de la ingeniería como una rama de esta. En tal sentido plantea que la EE debía asumir un cuerpo de conocimientos y principios generales que rigen la enseñanza e integrarlas a las especificidades propias de la enseñanza de esta profesión (Swain 1895).

Ya por esta época se comenzaban a observar comunidades de prácticas en el campo de la EE que rebasaban las fronteras geográficas de las naciones, aún con las limitaciones que para ese momento imponían el naciente desarrollo de las comunicaciones, la navegación y el transporte terrestre.

Integrando los trabajos de Wenger (2007) sobre las CoP por una parte, así como las posiciones de Fensham (2004) con relación al campo de la investigación en educación, los trabajos de Froyd & Lohmann (2014) y Finelli & Daly (2015) con relación a la EE como campo de investigación científica (EER) se puede asegurar que las CoP de la EE han alcanzado rasgos de la fase de maduración, exhibiendo un dimensionamiento a escala internacional, como indicador de expresión de convergencia de problemáticas e intereses y calidad de la investigación (Coccia & Wang 2016), acompañado de la diversificación geográfica y cultural de los miembros de la comunidad (Ortoll *et al.* 2014), donde los investigadores interactúan desde lógicas de comunicación híbrida, que integran espacios de trabajo cara a cara y en red, mediados por las TIC.

La comunidad exhibe una alta producción científica y una diversidad metodológica que le permite el cumplimiento de sus funciones cognitivas, así como espacios institucionalizados de difusión de la ciencia en revistas, libros y eventos científicos, indicadores que han tenido presente Kezar & Gehrke, (2017) en estudio de las CoP en el contexto de la reforma de la educación superior.

También estas CoP han logrado establecer alianzas con los actores claves del proceso de formación de ingenieros, donde se destaca las relaciones con las asociaciones profesionales de ingenieros, las que han tenido un rol protagónico en el cumplimiento de acciones estratégicas en la EE, sensibilizando actores, fomentando la identidad profesional, la cohesión y crecimiento de la membresía, creando instancias especializadas en esta temática y en la socialización de la ciencia, entre otras tantas acciones. Estas asociaciones existen a escala país, región y a nivel internacional, muchas de las cuales están relacionadas con ingenierías específicas, en ellas existen en su interior, áreas, secciones o comités encargados de la EE. La mayoría de estas asociaciones están afiliadas a la World Federation of Engineering Organizations (WFEO) que agrupa en la actualidad asociaciones de 93 países, la que posee un Comité Técnico de EE (WFEO – CEIE).

Como parte de los procesos de consolidación de la EE se observa un crecimiento significativo en la institucionalización de cátedras y centros de investigación donde se gestiona la formación académica postgraduada de los docentes (especialidades, maestrías, doctorados y postdoctorados) y los proyectos de investigación en este campo (Bernhard 2018). Idea que concuerda con los resultados del estudio realizado por Graham (2018) al estado del arte de la EE, el cual revela que está ocurriendo un corrimiento en el eje global de liderazgo en la EE, donde las universidades que emergen en el “top-ranked institutions” están situando la investigación en EE como herramienta central para lograrlo, apoyados por un fuerte liderazgo académico para conducir los cambios, unido a una sólida cultura del trabajo colegiado.

2. Materiales y métodos

Para conocer las tendencias en los campos de investigación al interior de la EE a escala internacional se diseñó un estudio descriptivo (Muñoz, 2015), transversal, que permite realizar un mapeo de las categorías de la EE con el fin de determinar la estructura y convergencia temática de estas comunidades (Díaz, Moya & Carrillo 2017). Se seleccionaron los títulos de 1831 artículos en el intervalo comprendido entre el año 2016 y septiembre de 2021 de ocho revistas científicas especializadas en EE. Como muestra la tabla # 1.

Tabla 1 Muestra de revistas consultadas

Revistas	Publicada	Artículos
Revista Educación en Ingeniería	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)	600
Revista Electrónica ANFEI Digital	Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI)	170
Revista de Ensino de Engenharia (REI)	Asociación Brasileña de EE (ABENGE)	190
Australasian Journal of Engineering Education (AJEE)	Australasian Association for Engineering Education (AAEE),	75
European Journal of Engineering Education (EJEE)	European Society for Engineering Education (SEFI)	140
Journal of Engineering Education (JEE)	American Society of Engineering Education (ASEE)	176
International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)	Editora radicada en Carinthia University of Applied Sciences	230
IEEE Transactions on Education (ToE)	IEEE Education Society	250
Total de Artículos		1831

Como criterio de selección de las revistas se consideró que su línea editorial estuviese dedicado únicamente a la EE. Siete de las revistas seleccionadas constituyen medios de divulgación científica de asociaciones que tienen como objetivo promover la investigación en EE.

Se realizó un proceso de codificación de categorías híbrido, lo cual significa que a priori se seleccionaron un conjunto de categorías propias del área de la EE, dando la posibilidad de incorporar durante el proceso de codificación aquellas categorías que no se encontraban en la taxonomía inicial. Esta codificación se realizó con el software Atlas.ti versión 9. Tanto el libro de códigos, como el archivo Excel resultados del proceso de codificación fueron

consultados durante la investigación. El archivo Excel se importó para el software Gephi 0.9.2, que es una herramienta para el análisis de redes y de esa manera ofrecer un mapa de las categorías de la EE obtenido con base a las 8 revistas seleccionadas en el intervalo de tiempo estudiado.

Seguidamente, con el objetivo de hacer una valoración del grado de convergencia entre CoP, dado que cada revista opera como un canal de socialización de los resultados investigativos de ciertas CoP, se decidió evaluar si en la etapa estudiada se manifiestan niveles de convergencias entre las líneas de investigación. Para lograr este propósito se calculó el índice de Jaccard (ij). El mismo es una medida de similitud simétrica clásica entre conjuntos, que basado en datos binarios (0,1) que expresan la presencia o ausencia de un elemento en los conjuntos a comparar, mide el tamaño relativo de la superposición de dos conjuntos finitos (Kosub, 2019).

$$ij = \frac{c}{a + b - c}$$

Los valores del ij están comprendidos $0 \leq ij \leq 1$. Donde a y b son los elementos excluyentes de cada conjunto y c los elementos comunes. La comparación de cada una de las revistas permiten obtener la matriz de similiaridad de Jaccard, la cual se calculó a través de software Past versión 4.03.

3. Resultados y discusión

La codificación realizada a los títulos de las ocho revistas permitieron identificar 45 categorías en el campo de la EE. Las frecuencias absolutas de citación están comprendidas en un intervalo entre 3 y 397 citaciones.

Se obtuvo una red de categorías a través de Gephi en función del grado de salidas con pesos de cada uno de los nodos, como se muestra a la Figura # 1. Se asoció el tamaño del nodo con el de la etiqueta correspondiente. Es por ello que en la red se observa un aumento del tamaño de las etiquetas asociado de alguna manera con la frecuencia absoluta de citaciones. En color violeta están los nodos que representan las ocho revistas seleccionadas como CoP. Las dimensiones de los nodos que representan las revistas en la red son pequeños, dado que las interacciones que se visualizan en este análisis son de salida.

La centralidad de la red está asociada al porcentaje de citaciones de las categorías didácticas, aprendizaje, TIC, psicología y ciencias básicas, competencias y habilidades blandas, por ser las más citadas. Se puede observar algunas categorías que están en la periferia de la red, lo cual significan que son los temas menos abordados en los artículos consultados. Dentro de ellos se encuentran educación a distancia, el trabajo o proyecto de grado, la extensión universitaria o relación con el medio y espacio común de formación.

based learning) y la enseñanza basada en proyectos (project-based learning, PBL), el apego a enfoques y prácticas didácticas antropocéntricas, donde el alumno es el centro del proceso. Las Ciencias Básicas se mantienen como uno de los campos de mayor tradición en la EE, el cual tiene su génesis en el reconocimiento de la ingeniería como una profesión que aplica estos conocimientos en la solución de problemáticas.

Al hacer una mirada al tema de las TIC la producción científica está alineada en sus dos vertientes, como recurso didáctico y como objeto de aprendizaje vinculada a herramientas de uso profesional en el campo de las ingenierías, particularmente el software. Existe una práctica educativa en TIC que se consolida y muestra una constante introducción de este objeto en diversos campos de investigación. Dentro de ello destacan el diseño de modalidades de formación on line e híbridas, el aprendizaje de competencias digitales genéricas y de tipo específicas en el uso de software con fines profesionales, el empleo de plataformas virtuales y simuladores con carácter demostrativo y en actividades de laboratorios.

Se evidencia el creciente esfuerzo por realizar investigaciones en el campo de la psicología educativa lo cual es un indicador de la comprensión y práctica de una docencia que se afianza cada día más en el empleo de campos vecinos que obran como fundamentos. En este orden nos parece oportuno destacar el interés de los docentes por la realización de estudios de percepción como herramienta para la toma de decisiones pedagógicas, así como de los procesos de motivación.

Existe un conjunto de nodos que se encuentran en la periferia de la red lo cual significa que son los de más baja frecuencia absoluta de citación, dentro de ellos están: educación a distancia, trabajo de grado, extensión universitaria y espacio común de formación. Lo cual significa que son los temas con menor cantidad de artículos socializados. De las 45 categorías citadas 20 de ellas poseen presencia todas las revistas, en tanto 25 categorías no han tenido representatividad en todas las revistas.

La Figura # 2 muestra el comportamiento de las 25 categorías que no han tenido representatividad en todas las comunidades de prácticas en el intervalo estudiado.

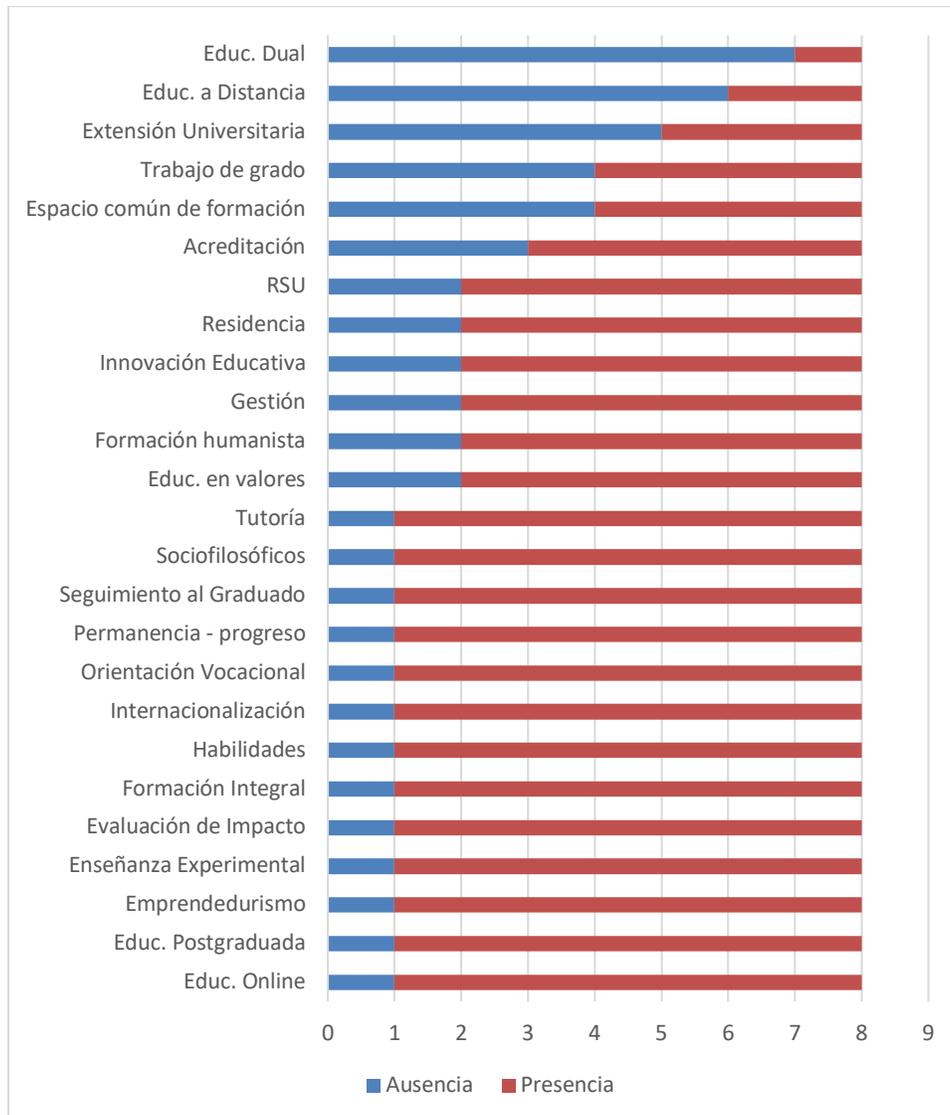


Figura 2 Comportamiento del indicador presencia/ausencia de las categorías

Una segunda aproximación a la red: posicionamientos específicos.

Mirada desde el prisma de la formación continua.

Los enfoque de la formación continua aseguran que la formación de grado es un peldaño intermedio donde se adquieren un conjunto de competencias que le permiten al egresado realizar con éxito sus tareas profesionales. Estos saberes deben ser enriquecidos en procesos de especialización y superación profesional (cursos, entrenamientos, diplomados, maestrías y estudios doctorales) dado que portan atributos profesionales en un mundo cambiante que catalizan su desempeño impactando positivamente en los resultados de sus organizaciones (Celis & Duque 2016). Dado este parecer que es aceptado en las comunidades académicas de las ingenierías y en la formación de profesionales en general, consideramos es reducida la representatividad, solo acumula el 1% de los artículos publicados en la etapa investigada.

Mirada desde la red de actores que participan en el proceso de formación.

La red desde el prisma de la formación continua.

Los enfoques de la formación continua aseguran que la formación de grado es un peldaño intermedio donde se adquiere un conjunto de competencias que le permiten al egresado realizar con éxito sus tareas profesionales. Estos saberes deben ser enriquecidos en procesos de especialización y superación profesional (cursos, entrenamientos, diplomados, maestrías y estudios doctorales) dado que portan atributos profesionales en un mundo cambiante que catalizan su desempeño impactando positivamente en los resultados de sus organizaciones (Celis & Duque 2016). Dado este parecer que es aceptado en las comunidades académicas de las ingenierías y en la formación de profesionales en general, consideramos es reducida la representatividad, solo acumula el 1% de los artículos publicados en la etapa investigada.

Mirada desde la red de actores que participan en el proceso de formación.

La formación de ingenieros se da en la sinergia de las interacciones entre un número amplio de actores claves “stake-holders”, empleadores, asociaciones profesionales, cuerpos académicos, estudiantes, ONG’s, entre otros tantos (Luchini, *et. al.*, 2019). Los modelos educativos en ingeniería convergen en la integración de escenarios de formación, el universitario, la empresa, la industria y escenarios sociales abiertos (Abele, 2015). Por lo que arribamos a la conclusión que es reducido el número de artículos que abordan estas temáticas.

Mirada desde los campos vecinos y ámbitos de estudios emergentes.

Dentro de los campos vecinos se realizan trabajos de psicología, gestión de procesos, sociología, filosofía y TIC. En los temas de gestión se abordan cuestiones relativas a los procesos de acreditación y certificación de procesos y planes de estudios, la gestión de la calidad, a escala institucional, de país y con enfoque de internalización.

Los artículos de psicología abordan temas de percepción relacionados con la identidad profesional, el género, la raza, los estudiantes inmigrantes, lo cual resultada una cuestión muy novedosa y pertinente en la formación de ingenieros, teniendo un abordaje transdisciplinar con perspectivas sociológicas.

Se percibe una notable representatividad de artículos (72) dedicados a temas tan sensibles como la atención a la diversidad e inclusión en las comunidades de estudiantes de ingenierías. Dentro de ellos, estudiantes con discapacidades (sordo – mudos), problemas de género, raza, estatus social, orientación e identidad sexual, en particular la comunidad LGBTQ. Estas líneas de investigación han permitido la creación de redes y centros de ayudas a las minorías en ingenierías, así como la presencia de estos indicadores en observatorios instalados en universidades e institutos superiores, dando origen a la aparición de nuevos discursos en el campo de la EE.

Emprendedurismo es otra de las categorías que se ha ubicado con cierta rapidez en el cuadro de la EE, con 23 citaciones. Los artículos que tratan estos temas abordan aspectos sobre la fundamentación sociofilosófica de la educación en emprendedurismo, la incorporación de las competencias del ingeniero como líder, el diseño didáctico de cursos, proyectos y actividades en la industria para lograr el desarrollo de esta competencia, así como estudios de percepción en estudiantes sobre la importancia y pertinencia de estos cursos.

Miradas a los objetos de investigación en EE desde las CoP.

En este apartado se presenta el comportamiento de las 45 categorías de la EE detectadas en el estudio y representadas en la red de la figura # 1 a través del comportamiento de cada una de ellas en cada CoP y un estudio de similitud según los resultados del índice de Jaccard. Como ya se había expuesto 20 de las categorías están presentes en todas las CoP.

La figura # 2 nos visualizaba la relación ausencia/presencia de las 25 categorías sin distinguir las CoP, en la Figura # 3 se representan las frecuencias absolutas de citación de las categorías, al ser un gráfico tridimensional permite evaluar el comportamiento de la misma entre CoP y conocer su representatividad en su propia CoP en con relación a las categorías restantes. Pudiendo así comparar que está ocurriendo entre CoP con una misma categoría y que sucede al interior de cada CoP en términos de publicaciones entre las categorías encontradas. Dado que no es interés de esta investigación particularizar al interior de las CoP se sustituyeron los nombres de las comunidades por letras del alfabeto en mayúsculas (A, B, C, D, E, F, G, H)

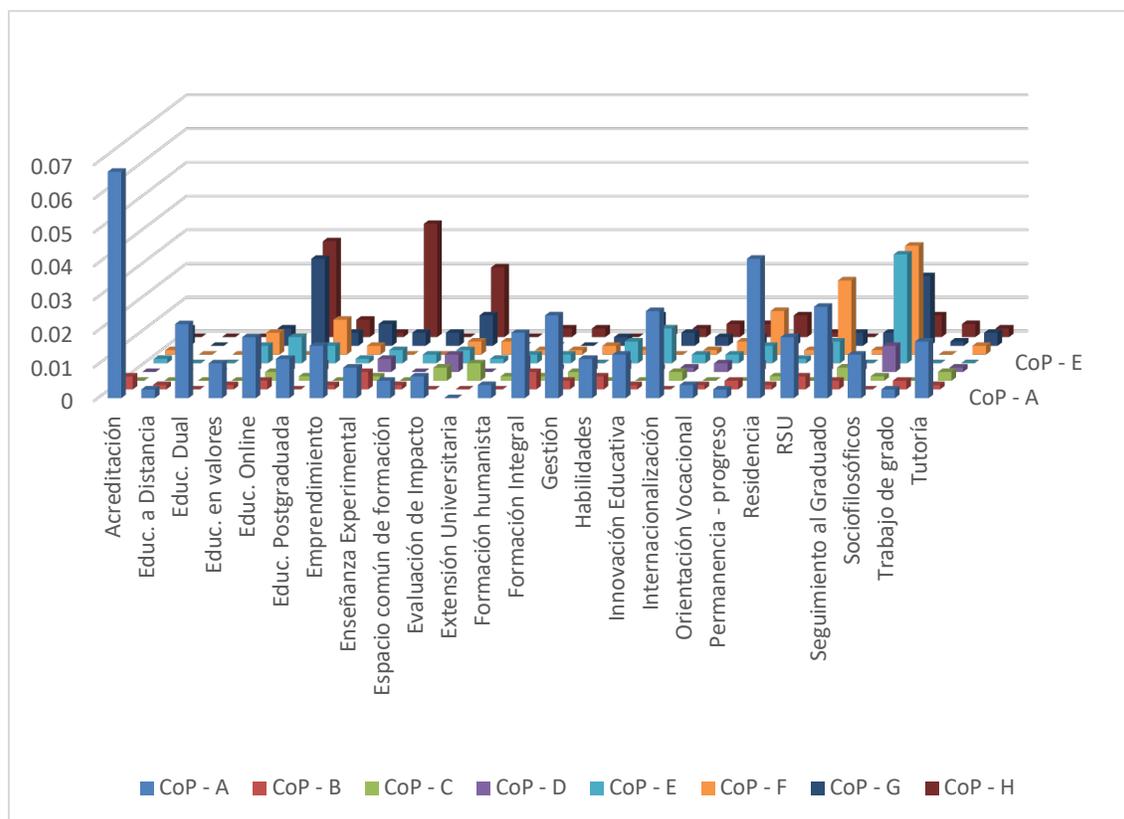


Figura 3 Frecuencias absolutas compartivas de las categorías con ausencias por CoP

Aunque la Figura # 3 solo muestra el comportamiento de 25 categorías que tienen ausencias en ciertas comunidades, puede ayudar a comprender los valores obtenidos al aplicar el índice de Jaccard entre CoP. La tabla # 2 muestra los valores del índice de Jaccard entre pares de CoP, por ello es que la diagonal principal los valores de $ij = 1$.

Tabla 2 Valores del índice de Jaccard.

	CoP - A	CoP - B	CoP - C	CoP - D	CoP - E	CoP - F	CoP - G	CoP - H
CoP - A	1	0,8409	0,7333	0,8409	0,8222	0,8000	0,8864	0,7907
CoP - B	0,8409	1	0,6591	0,7674	0,7500	0,7273	0,8571	0,7561
CoP - C	0,7333	0,6591	1	0,8250	0,7619	0,7805	0,7045	0,7250
CoP - D	0,8409	0,7674	0,8250	1	0,8333	0,8537	0,8571	0,7561
CoP - E	0,8222	0,7500	0,7619	0,8333	1	0,8333	0,7955	0,7381
CoP - F	0,8000	0,7273	0,7805	0,8537	0,8333	1	0,7727	0,6744
CoP - G	0,8864	0,8571	0,7045	0,8571	0,7955	0,7727	1	0,7619
CoP - H	0,7907	0,7561	0,7250	0,7561	0,7381	0,6744	0,7619	1

Las relaciones de mayor similitud se evidencian entre la CoP A y G, con $ij = 0,8864$ teniendo 38 categorías de la EE citadas en ambas comunidades y 6 no comunes. Las CoP de menor índice de similitud son las CoP B y C con un $ij = 0,6591$, estas dos comunidades poseen 29 categorías comunes y 16 no comunes.

4. Conclusiones

La metodología seguida en la investigación permitió establecer los códigos que marcan tendencias en los diferentes frentes de investigación en la EE, ellos son: didáctica, aprendizaje, TIC, psicología y ciencias básicas, competencias y habilidades blandas. De igual modo se obtuvo el comportamiento de ausencia/presencia de un conjunto de 25 categorías a través de un gráfico tridimensional que correlaciona frecuencias de citas normalizadas, comparación de las categorías por CoP y el comportamiento con otras categorías en su misma CoP.

El cálculo del índice de similitud de Jaccard obtenido brinda información acerca de los niveles de jerarquía otorgados en cada CoP, lo cual permite hacer inferencias como punto de partida para otras investigaciones.

5. Referencias

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chrystolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., ... and Ranz, F. (2015). Learning factories for research, education, and training. *Procedia CiRp* 32, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187>
- Aslaksen, E. W. (2015). The relationship between engineers and society: Is it currently fulfilling its potential?. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales* 148(455/456), 28-43. <https://doi/10.3316/informit.287380446130950>
- Bartolucci, J. (2017). La ciencia como problema sociológico. *Sociológica (México)* 32 (92), 9-40.

- Bernhard, J. (2018). Engineering Education Research in Europe—Coming of Age. *Eur. J. Eng. Educ* 43, 167–170. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1412854>
- Celis, J., and Duque, M. (2016). Factores que configuran las preferencias de empleo de los estudiantes de doctorado en ingeniería por la academia y la industria. *Investigación y Desarrollo* 24(2), 355-385. <https://doi.org/10.14482/indes.24.2.7706>.
- Chavalarias, D., & Cointet, J. P. (2013). Phylomemetic patterns in science evolution—the rise and fall of scientific fields. *PloS one* 8(2), e54847. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054847>
- Chávez J., (2021). *Principales corrientes y tendencias a inicios del siglo XXI de la pedagogía y la didáctica*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Coccia, M., and Wang, L. (2016). Evolution and convergence of the patterns of international scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(8), 2057-2061. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510820113>
- Díaz, M., Moya, F. D., and Carrillo, H. A. (2017). Técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos. *Investigación bibliotecológica* 31, 17-42. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57884>.
- Fensham, P. J. (2004). *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research* (Vol. 20). Springer Science and Business Media. Netherlands.
- Finelli C., and Dalyu. S., (2015). Frequently Asked Questions Engineering Education Research Faculty Search October, Michigan Engineering Associate Dean for Academic Affairs. <https://adaa.engin.umich.edu/wp-content/uploads/sites/22/2014/09/EER-FAQs.pdf>. Consultado_12 octubre de 2021
- Froyd, J. E. and Lohmann, J. R. (2014). Chronological and ontological development of engineering education as a field of scientific inquiry. *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013451.003>.
- Garrison, E. (2018). *A History of Engineering and Technology Artful Methods: Artful Methods* (2nd ed.). Routledge. doi.org/10.1201/9780203751749.
- Graham, R. (2018). *The global state of the art in engineering education. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Report*, Massachusetts, USA.
- Gutiérrez, J. C. L., Pérez, I., and Aguirre, J. M. L. (2017). Didáctica universitaria: una didáctica específica comprometida con el aprendizaje en el aula universitaria. *Dominio de las Ciencias* 3(3), 1290-1308.

- Hill, D. (2013). *A History of Engineering in Classical and Medieval Times* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315800110>.
- Kezar, A., and Gehrke, S. (2017). Strategies for achieving scale within communities of practice aimed at pedagogical reform in higher education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research* 18(1). 57-64.
- König, W. (2016). Education and Social Standing: German Engineers, 1870-1930. *Quaderns d'història de l'enginyeria* 15, 113-121.
- Kosub, S., (2019). A note on the triangle inequality for the Jaccard distance, *Pattern Recognition Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.12.007>.
- León, V. E. and y Herrera, J. L., (2014) Problemas epistemológicos de la didáctica: apuntes para el debate. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* 52, 1-9.
- Luchini, K., Colbry, D., Rojewski, J., and Briliyanti, A. (2019, January). Partners in Professional Development: Initial Results from a Collaboration Between Universities, Training Programs, and Professional Societies. In Proceedings of the 2019 ASEE Annual Conference and Exposition.
- Maraghy W. H. E. (2011). Future Trends in Engineering Education and Research. In: Seliger G., Khraisheh M., Jawahir I. (eds) *Advances in Sustainable Manufacturing*. Springer, Berlin, Heidelberg. doi.org/10.1007/978-3-642-20183-7_2.
- Miller, D. P., (1993). The Engineers: A History of the Engineering Profession in Britain, 1750-1914. *The English Historical Review* 108 (427), 498 -500.
- Mohanty, A., and Dash, D. (2016). Engineering education in India: Preparation of professional engineering educators. *Journal of human resource and sustainability studies*, 4(2), 92-101.
- Muñoz C. I., (2015). *Metodología de la investigación*. OXFORD. Editorial Progreso S.A de C.V. México. D. F.
- Ortoll, E.; Canals, A.; Garcia, M. and Cobarsí, J. (2014). Principales parámetros para el estudio de la colaboración científica en big science. *Revista Española de Documentación Científica* 37 (4). <https://doi.org/10.3989/redc.2014.4.1142>.
- Suasnábar, C. (2013). La institucionalización de la educación como campo disciplinar: Un análisis desde la perspectiva de la historia social de las ciencias sociales. *Revista mexicana de investigación educativa* 18(59), 1281-1304.

- Swain G.F. (1895). *Address by the President*. Proceedings of the Third Annual Meeting. Springfield, Mass. September, 2- 4. Published by the Society. University of Michigan
- Viales R. J., (2017). *La intersección entre ambiente, ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones teóricas para su estudio desde la perspectiva CTS*. San José, Costa Rica: Centro de Investigaciones Históricas de América Central
- Wenger, E. (2007). All communities of practice need to find their 'spirit', which can be called their learning companionship. October 15-17, EU Conference "eLearning Lisboa 2007".