

Un estudio infométrico de la ingeniería: tendencias, devenires y trayectorias en este campo del conocimiento¹.

An infometric study of engineering: trends, developments and trajectories in this field of knowledge.

Um estudo infométrico da engenharia: tendências, desdobramentos e trajetórias nessa área do conhecimento.

Dory Luz González

Universidad Libre

<https://orcid.org/0000-0002-7045-7191>

Leila Nayibe Ramírez

Universidad Libre

<https://orcid.org/0000-0002-0651-097>

Sonia Meneses Velosa

Universidad Libre

<https://orcid.org/0000-0003-0251-8308>

Edwin Alberto Bulla P.

Universidad Libre

<https://orcid.org/0000-0001-7244-8929>

Resumen

Las métricas son hoy un medio necesario para analizar resultados en la ciencia y la investigación, ellas aportan a la comprensión de la generación y circulación del conocimiento. En este sentido, la ingeniería como campo de estudio que aporta significativamente a satisfacer las necesidades del mundo real y debe contribuir al desarrollo y compromiso en el progreso de las poblaciones y las comunidades, enfrenta nuevos retos de cara a un mundo cada vez más tecnificado como lo es el del siglo XXI. Esta investigación busca reflexionar desde la infometría sobre los resultados de investigación de los programas de ingeniería Industrial, Mecánica, Sistemas y Ambiental acreditados en alta calidad en las universidades de Bogotá, en el periodo comprendido entre 2015-2020, para entender los sentidos de las producciones investigativas, discernir alrededor del devenir mismo de este campo del conocimiento y dilucidar algunas trayectorias posibles de la relación entre investigación y las exigencias del mercado. Para este ejercicio se analizaron los Gruplac de 51 grupos de investigación de los programas de ingeniería señalados anteriormente y se clasificaron

¹ Este capítulo es resultado del proyecto de investigación titulado: “Diseño de un modelo de gestión del conocimiento para la facultad de Ingeniería”, proyecto financiado por la Universidad Libre para el periodo 2021-2023.

uno a uno los productos, teniendo en cuenta la tipología de Minciencias, con ayuda del software de análisis de datos MAX-Q-DEA; luego, se procesó dicha recolección de información a través de resultados cuantitativos con el propósito de vislumbrar tendencias de producción, observando una inclinación a la producción de artículos científicos y formación del recursos humano (dirección de trabajos de grado y posgrado), tendencia que motiva a la reflexión sobre el devenir de la ingeniería y su mirada hacia las necesidades de los territorios.

Palabras clave

Indicadores, investigación, medición, conocimiento, universidad, grupos de investigación, métricas.

Abstract

Metrics are today a necessary means to analyze results in science and research, they contribute to the understanding of the generation and circulation of knowledge. In this sense, engineering as a field of study that contributes significantly to meet the needs of the real world and must contribute to the development and commitment to the progress of populations and communities, faces new challenges in the face of an increasingly technical world such as the XXI century. This research seeks to reflect from infometrics on the research results of the Industrial, Mechanical, Systems and Environmental engineering programs accredited in high quality in the universities of Bogotá, in the period between 2015-2020, to understand the meanings of research productions, discern around the very evolution of this field of knowledge and elucidate some possible trajectories of the relationship between research and market demands. For this exercise, the Gruplac of 51 research groups of the engineering programs indicated above were analyzed and the products were classified one by one, taking into account the typology of Minciencias, with the help of the MAX-Q-DEA data analysis software; then, this collection of information was processed through quantitative results with the purpose of glimpsing production trends, observing an inclination to the production of scientific articles and training of human resources (direction of undergraduate and postgraduate work), a trend that motivates reflection on the evolution of engineering and its look towards the needs of the territories.

Keywords

Indicators, research, measurement, knowledge, university, research groups, metrics.

Resumo

As métricas são hoje um meio necessário para analisar resultados em ciência e pesquisa, contribuem para a compreensão da geração e circulação do conhecimento. Nesse sentido, a engenharia como campo de estudo que contribui significativamente para atender às necessidades do mundo real e deve contribuir para o desenvolvimento e o compromisso com o progresso das populações e comunidades, enfrenta novos desafios diante de um mundo cada vez mais técnico, como o século XXI. Esta pesquisa busca refletir a partir de infometrias sobre os resultados da pesquisa dos programas de engenharia industrial, mecânica, sistemas e ambientais credenciados em alta qualidade nas universidades de Bogotá, no período entre 2015-2020, para entender os significados das produções de pesquisa, discernir em torno da própria evolução desse campo de conhecimento e elucidar algumas trajetórias possíveis da relação entre pesquisa e demandas de mercado. Para este exercício, foram analisados os Gruplac de 51 grupos de pesquisa dos programas de engenharia indicados acima e os produtos classificados um a um, levando-se em conta a tipologia da Minciencias, com a ajuda do software de análise de dados MAX-Q-DEA; em seguida, essa coleta de informações foi processada por meio de resultados quantitativos com o objetivo de glimping tendências de produção, observando uma inclinação para a produção de artigos científicos e formação de recursos humanos (direção de trabalho de graduação e pós-graduação), tendência que motiva a reflexão sobre a evolução da engenharia e seu olhar para as necessidades dos territórios.

Palavras chaves

Indicadores, pesquisa, medição, conhecimento, universidade, grupos de pesquisa, métricas.

Introducción

La inquietud sobre la forma en que se produce y circula el conocimiento, al igual que el sentido del mismo, es la motivación fundamental de la presente investigación. El mundo globalizado y las políticas neoliberales han llevado paulatinamente a los centros de investigación y a las universidades a dinámicas particulares en ciencia, tecnología e innovación, las cuales invitan más a la reproducción del conocimiento que a la generación de él.

Disto para muchos la producción de conocimiento de los llamados países periferia con respecto a los países desarrollado, las cifras de la OCDE para el 2019 lo demuestran, mientras países como Bélgica (12 390), Finlandia (14 958), Estados Unidos (9948) y Alemania (9959) contaban con ese número de investigadores; naciones tales como México (1234), Argentina (2928), Chile (1097), Sudáfrica (1825) solo poseían en

su haber este número de investigadores inscritos. Igualmente, en lo referente a los resultados de familias de patentes triádicas, Canadá cuenta con 692 solicitudes, Bélgica 355, Finlandia 272; mientras que Colombia solo posee una solicitud de 6, México 25 y Argentina 12.

Lo anterior demuestra que en lo referente a la producción del conocimiento todavía hay una distancia grande entre los países poderosos y los países de la periferia; sin embargo la exigencia en la investigación, ciencia, innovación y tecnología en los centros de educación superior son altas para investigadores y docentes-investigadores de estos países que aún no alcanzan el nivel en la ciencia de los hegemónicos, en especial en un país como Colombia que con el reciente ingreso a la OCDE cuenta con exigencias cada vez mayores.

En este sentido, la investigación y la producción del conocimiento experimenta una relación que puede ser desigual, es decir, alta productividad no necesariamente genera conocimiento de impacto y servicio a la comunidad, situación que revela las cifras señaladas anteriormente. Pero ¿cómo se evidencia dicha ecuación?, ¿qué produce en conocimiento el país?, ¿cuál es el sentido del conocimiento que se genera en Colombia? Esta y otras preguntas son las inquietudes que producen el objeto de estudio de la presente investigación, que no es otro que los resultados de investigación, ciencia, tecnologías que producen las facultades de ingeniería de las universidades de la ciudad de Bogotá

Un país con profundas desigualdades como el colombiano, pero con una riqueza en biodiversidad debería hacer una apuesta al conocimiento con sentido para el favor de las poblaciones y los territorios. Así, la apuesta investigativa es preguntarse con respecto a los resultados de investigación, según la tipología de productos de Minciencias —antes Colciencias—, de cuatro programas de ingeniería (Sistemas, Mecánica, Ambiental e Industrial) acreditados en alta calidad en la ciudad capital, con el propósito de reflexionar sobre el sentido mismo de la producción investigativa y la pregunta del conocimiento en el país, en especial en lo referente a la ingeniería, cuyos resultados pueden contribuir al progreso y desarrollo del país.

La elección de las cuatro ingenierías responde también a las exigencias del mundo globalizado, pues se han ido consolidando como las de mayor demanda en el mercado universitario del país, de ellos da cuenta Asocoldep (Asociación Colombiana de Educación Privada). Señala que entre las carreras más solicitadas en el mercado hoy se encuentran: en el puesto ocho Ingeniería Mecánica, la Ingeniería en el puesto 17 y la Ingeniería Industrial ubicada en el lugar 20; la Ingeniería Ambiental, no aparece dentro del listado, aun así, se eligió por su importancia actual en el país y la región.

Esta investigación realiza una medición infométrica de los resultados en investigación de las universidades bogotanas con facultades de ingeniería que poseen programas acreditados en alta calidad, en Industrial, Ambiental, Mecánica y Sistemas, esto con el

propósito de entrever las tendencias, trayectorias y resultados. Dicha medición se realiza a través de la generación de matrices en las que se clasificaron uno a uno los productos consignados en el Gruplac, aplicativo de medición utilizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para clasificar a los grupos de investigación. Para el tratamiento de datos se utilizó el software MAX-Q-DEA, el cual permitió comparar, discernir y observar encuentros y desencuentros entre los resultados.

De este modo, cada uno de los hallazgos consignados evidencia trayectorias, tendencias y devenires de la ingeniería, campo de conocimiento que ostenta un objeto de estudio relacionado con la investigación aplicada y la solución de los problemas reales del mundo; por ello, se hace importante establecer un panorama general de lo que genera y circula en el conocimiento de este campo, ello para establecer el sentido de la investigación y su papel real en un país como este, inmerso en dinámicas neoliberales.

El conocimiento: potencia para un mundo sostenible

El conocimiento es fuente fundamental para el desarrollo de las sociedades, es en él que reside la posibilidad de mantener viva la humanidad y preservar el planeta, o, por el contrario, también puede constituirse en pieza clave para su destrucción (situaciones ambas que se han visto reflejadas en el escenario de la actual pandemia); por ello, la forma en que se genera o produce el conocimiento es hoy cuestión de debate y discusión en los diversos escenarios académicos.

Ya muchos académicos señalan la importancia actual sobre la función social del conocimiento, en especial después de acuñar el término “sociedad del conocimiento”, cuyo significado igualmente resulta complejo. Una precisión del concepto puede ser:

...en términos generales, dicha expresión quiere decir, nada más y nada menos, que el saber y el conocimiento son los parámetros que gobiernan y condicionan la estructura y composición de la sociedad actual y son, también, las mercancías e instrumentos determinantes del bienestar y progreso de los pueblos. (Mateo, 2006, p. 145)

Así las cosas, el conocimiento, su producción y circulación son necesarios para la solución de falencias sociales, económicas y políticas en una sociedad, por ende, contribuyen al avance y progreso de las comunidades. Esta es la manera en la que se piensa el conocimiento como factor positivo, una contribución significativa para el avance y desarrollo de las poblaciones, pero lo cierto es que la ecuación no funciona de forma perfecta, pues el mismo concepto de conocimiento se distorsiona ante las exigencias del mercado y de la privatización del mismo.

Las universidades, lugares por excelencia para la generación y circulación del conocimiento son centro de las políticas neoliberales que privatizaron su devenir y las condujeron a una dinámica particular en la producción del conocimiento. Las universidades de los llamados países perifera deben enfrentar esta ruta para la consolidación de la investigación y la producción académica, es decir, apostar por políticas internacionales de ranking, índices, métricas y demás que resultan una exigencia a veces imposible de cumplir. Al respecto, puede decirse que:

La economía-mundo del capitalismo académico conforma una nueva división del trabajo en materia de educación e investigación que desde algunas posiciones se ha dado en denominar como una globalización de baja intensidad. La economía del capitalismo académico no sería más que una inmensa área geográfica en donde existe una división axial entre los procesos de producción del conocimiento periférico, que da como resultado un intercambio desigual que favorece a los productores centrales. El mercado global de la educación superior, por tanto, amplía la brecha internacional del conocimiento y, a la vez, establece una jerarquía internacional entre universidades y centros de investigación. (Fernández, 2008 citado por Cantor, 2015, p. 51)

Resulta imposible deshacer la relación entre conocimiento y modelo económico. Existe quizás una interdependencia entre la una y la otra, más allá de lo circunstancial, y así se retorna a la figura de Marx sobre estructura y superestructura. La figura del capitalismo contemporáneo ostenta un conocimiento como bien capital y de consumo que provoca, por supuesto, plusvalía. Cabe mencionar que:

Desde la perspectiva de Drucker, estamos asistiendo a la emergencia de una sociedad postcapitalista, en la que el conocimiento ha adquirido gran preponderancia en relación con los factores de productividad, tales como el capital, la tierra y el trabajo de la era industrial. (Forero, 2009, p. 41)

Muy importante situación está que reclama una reflexión juiciosa y cuyo escenario se pretende abarcar en la relación de producción con sentido de la investigación y que se sopesa en cuestionamientos relacionados con los resultados de los grupos de investigación de cuatro ingenierías de la ciudad de Bogotá, su producción, relación con el contexto y las exigencias de las instituciones, quizás atendiendo más al mercado que al conocimiento. Este cuestionamiento que sigue estando en discusión y debate, por lo que la presente investigación simplemente pretende evocar, sin dar definitivos al respecto.

La importancia de la ingeniería

Pero si la definición y mirada del conocimiento se presenta en disputa aquí, aún más el objeto y razón de ser de la ingeniería y los resultados de investigación de ella, pues la ingeniería como ciencia aplicada ostenta un objeto de estudio que circula en entorno a solucionar o “ingeniar” problemas del mundo real, no atiende a un estado reflexivo o explicativo, sino a la condición de crear, aplicar o desarrollar.

No obstante, la ingeniería no solo se preocupa por resolver problemas, sino de comprender el escenario que habita, esto en relación con el carácter multi e interdisciplinar que el mundo de la ciencia ha ido adquiriendo. Lo anterior efectivamente no es un problema, pues el conocimiento no se puede fragmentar y limitar, y la complejidad de los fenómenos requiere de miradas múltiples para una mejor comprensión; sin embargo, por la razón misma de la ingeniería, ella no puede quedarse en una posición meramente reflexiva, necesita trascender a la aplicabilidad, sin que ello implique negar la reflexión. No obstante, en el caso de la ingeniería se busca apuntar a la creación de soluciones y no ahogarse meramente en el campo de lo interpretativo.

La ingeniería perdió relevancia social. Antiguamente, el ingeniero era reconocido socialmente, pues era quien construía las grandes obras de infraestructura que ayudaron a desarrollar el país. Hoy, debe seguir construyendo estas grandes obras que son indispensables, pero perdió protagonismo; ya no nos parece tan importante construir ferrocarriles, un gran puente, una central hidroeléctrica o una refinería petrolera. Estas obras son tan importantes ahora para la sociedad como lo fueron antaño, pero nuestra admiración por ellas y sus realizadores decayó. (Ulloa, 2010, p. 2)

Lo anterior, no es más que un giro que se ha ido dando a la razón de ser y objeto de la ingeniería y que hoy reclama nuevamente un curso a la aplicabilidad de infraestructura de todo tipo en el desarrollo de los países, sin negar que el campo de la investigación básica, la reflexividad y la interpretación son importantes o necesarios, pero que para la ingeniería debe ser prioritario el camino hacia el hacer, construir, desarrollar, implementar, etc.

Los primeros avances en ingeniería en Colombia vinieron en la construcción de carreteras, para hacer viable el tránsito de mercancías. Hoy ello sigue siendo la prioridad, aunado a otras tantas problemáticas del país, como la satisfacción de los servicios básicos, el traslado de alimentos, las infraestructuras viales, la construcción de escuelas, etc.; por ello, la importancia de la ingeniería no se acaba o finiquita hoy: se plantea nuevos retos frente a la sociedad de información y las tecnologías, pero también hacia la posibilidad de gestar cambios a cara del acuerdo de paz y las exigencias de los territorios.

Por todo lo anterior, un análisis de la producción científica e investigativa de la ingeniería, no solo es pertinente, sino relevante para cuestionar y entrever los retos, desafíos y compromisos de la ingeniería hoy en Colombia.

Consideraciones metodológicas

Las métricas: ¿qué y para qué investigar?

Una de las razones fundamentales que motiva la presente investigación, circula alrededor del cuestionamiento en un mundo de sobreproducción textual investigativa acerca de qué investigar, pero también el para qué hacerlo, situación que cuestiona el

devenir mismo del conocimiento, así que estas preguntas remiten a las métricas como posibilidad no solo cuantitativa de entender el mundo de la producción científica, sino como trayectoria cualitativa que permita dar sentido a la investigación.

Dado lo anterior, desde algunas décadas atrás, el nivel de desarrollo de las naciones en el mundo se ha evidenciado en la asimilación, manejo y construcción de conocimiento científico en favor de la sociedad, teniendo un impacto hacia la mejora en la calidad de vida de la humanidad. En la actualidad, la forma en que se evalúa el impacto de la información en el ámbito científico ha sufrido notables transformaciones en los últimos años, ello debido a que se emplean diferentes medios tales como las redes sociales, los blogs y los repositorios (Puerto, Díaz y Gradis, 2020, p. 25). Estos medios permiten un aumento significativo en la visibilidad y extensión de la producción científica; a su vez, favorecen al investigador con la difusión de los datos. Estas condiciones permiten realizar interrelaciones con otros académicos y aumenta las posibilidades de conexiones con otros sectores productivos.

Por lo anterior, han surgido cambios en la medición de la publicación de los resultados de la producción científica con la implementación de procedimientos y modelos matemático-estadísticos que proporcionan el impacto y la visibilidad de la producción científica de las instituciones. Este escenario, no se basa solamente en las citas, sino en la aplicación de ejercicios de medición del desempeño a partir del uso de las nuevas tecnologías de la información, contexto que nos permite hablar hoy en día de la denominada “Sociedad de la información” (Amézquita, Martínez y Martínez, 2011, p. 10).

Por lo tanto, la sociedad hace uso de disciplinas métricas (bibliometría, infometría y cienciometría) desde principios del siglo, esto con el interés de medir los resultados de las ciencias en una organización o país a partir de una serie de indicadores métricos que se han implementado y desarrollado con más fuerza en la última década, con lo cual se accede a una perspectiva más amplia de los resultados obtenidos en los análisis. La UNESCO ha planteado algunos indicadores tales como: La inversión en educación, el número de personal en Investigación y Desarrollo (I+D) y publicaciones por habitante; sin embargo, la aplicación de los indicadores ha contribuido en el desarrollo de las métricas en las ciencias de la información (Araújo y Arencibia, 2002, p. 5).

Cienciometría, bibliometría e infometría

Como antecedente, el origen de la cienciometría surge en la Europa Oriental y nace en los años 60 del siglo XX; sin embargo, se menciona al inglés Derek John de Solla Price como el padre de la cienciometría (Millán et al., 2017). Price desarrolló la metodología y las leyes cienciométricas a partir de la propuesta de Lotka, Bradford y Zipf. La idea de Price surge 1963 debido al crecimiento exponencial de la información científica,

así como el estudio cuantitativo de las citas entre los artículos científicos, factores que determinaron grandes impactos en el análisis de la información por la gran cantidad de resultados de estudios científicos.

Partiendo de esto, Price crea el modelo empleando técnicas estadísticas a los documentos científicos. Sin embargo, su máxima popularidad fue alcanzada en el año de 1977 con la aparición de la revista *Scientometrics* 15, de origen húngaro (Araújo y Arencibia, 2002, p. 4). Esta forma parte de la sociología de las ciencias y se define como el estudio de aspectos cuantitativos de la ciencia como disciplina o actividad económica (Araujo Ruíz & Ricardo Arencibia, 2002). Los estudios cienciométricos comparan las políticas desarrolladas en diferentes lugares del mundo y los resultados obtenidos desde el aspecto social y económico. Al igual que las otras dos disciplinas emplea técnicas métricas para su evaluación. Según Amézquita, la cienciometría incluye, entre otros:

- El crecimiento cuantitativo de la ciencia.
- El desarrollo de las disciplinas y subdisciplinas.
- La interrelación entre ciencia y tecnología.
- La estructura de comunicación entre los científicos
- Las relaciones entre el desarrollo científico y el crecimiento económico (Amézquita, Martínez y Martínez, 2011, p. 13).

Esta disciplina ha tenido un importante crecimiento desde los últimos años causado por el surgimiento de bases de datos académicas que contienen la producción científica y tecnológica publicada en diversos medios de comunicación formales e informales. Estas bases están diseñadas para ser de acceso restringido (Web of Science – Scopus) o de acceso abierto (Google Scholar – Scielo). Por otra parte, en el ámbito académico la cienciometría se conoce como “la ciencia de las ciencias”, esto permitió el surgimiento de la bibliometría como un nuevo campo disciplinar del análisis de los escritos de tipo científico (Bourdieu, 2000).

Para la bibliometría, entre las varias definiciones que se encuentran en la literatura, se destacan: “Disciplina que, emplea modelos estadísticos y matemáticos, proporcionando datos sobre diferentes aspectos de la literatura científica” (Amézquita, Martínez y Martínez, 2011 p. 16). También la siguiente: “Estudia los aspectos cuantitativos de la producción, disseminación y uso de la información registrada, a cuyo efecto desarrolla modelos y medidas matemáticas que, a su vez, sirven para hacer pronósticos y tomar decisiones en torno a dichos procesos” (Araújo y Arencibia, 2002, p. 2).

Al mismo tiempo, se menciona lo siguiente: “Herramienta mediante la cual puede observarse el estado de la ciencia y la tecnología, ya sea de un país o una institución, o bien de investigadores individuales, a través de la producción global de publicaciones científicas en un grado de especialización” (Castrillón-Sánchez y García-Gómez, 2020, p. 184)

Se tienen referencias de que desde la antigua Grecia se pensó en un procedimiento con diferentes factores para medir los escritos de la época. Esto estableció el primer modelo matemático que se aplica para estimar la producción intelectual. Cole y Eales en 1917, tienen el primer trabajo registrado en esta disciplina, el cual se desarrolló a partir del análisis de manuscritos de anatomía entre el siglo XVI y XIX. A mediados de 1923, Hulme, mostró un análisis estadístico sobre la historia de la ciencia; posteriormente, Gross (1926), analizó las referencias hechas de revistas indexadas sobre artículos relacionados en el área de la química. Sin embargo, el primero en hacer reseña a la expresión de bibliometría fue Alan Pritchard en 1969 (Dávila, et al., 2009, p. 1), quien planteó que el término debería reemplazar a la terminología de bibliografía estadística como se conocía con anterioridad.

Otro aspecto importante en esta disciplina es que los resultados bibliométricos se clasifican según las fuentes de información, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la Fuente de Datos.

Categoría	Criterio de análisis
Bibliografía	Servicios de indización y
	Resúmenes
Referencias	Citas bibliográficas y análisis de citas
Catálogos	Títulos de revistas

Fuente: autores.

Según Rodríguez, los campos de aplicación con más relevancia son:

- Selección de libros y publicaciones periódicas.
- Identificación de las características temáticas de la literatura.
- Evaluación de bibliografías y de colecciones.
- Determinación de revistas núcleos en determinada temática.
- Identificación de los países, instituciones y autores más productivos en un período determinado.
- Distribución según idiomas de las fuentes en una temática específica (Dávila, et al., 2009, p. 3).

Por consiguiente, la bibliometría para su estudio requiere de unos indicadores, los cuales son datos numéricos que proporcionan información y un criterio de las publicaciones científicas. Estos indicadores se encuentran asociados a revistas, editoriales, grupos, personas, países, entre otros. Sin embargo, los tres índices más abordados en los estudios son: el factor de impacto, el índice de inmediatez y la vida media del artículo científico (Castrillón-Sánchez y García-Gómez, 2020, p. 184).

En definitiva, la bibliometría no sustituye, sino que complementa el análisis y evaluación de la calidad de los manuscritos científicos, así como, el ámbito de la investigación, siendo un factor de gran impacto en el ámbito de académico de la Universidad, ya que

estos resultados tiene un alto impacto en un sin número de procesos al interior de las instituciones tales como: acreditación, reconocimientos en el campo de la investigación, auxilios para la investigación, así como en el control de calidad de los procesos de formación a nivel de pregrado y posgrado, entre otros.

Tomando en cuenta lo anterior, la investigación se adhiere como metodología a los estudios infométricos, pues pretende realizar un trabajo cuantitativo de la producción investigativa de los grupos que aparecen en la plataforma de Minciencias adscritos a los programas de Ingeniería de Sistemas, Mecánica, Industrial y Ambiental acreditados en alta calidad² en la ciudad de Bogotá, cuya producción fue medida en el tiempo de 2015 a 2020. Posterior a ello, se busca realizar un análisis cualitativo de la recolección de la información.

Así las cosas, el primer proceso consistió en definir los programas acreditados en alta calidad de los cuatro programas y las universidades que los ofertan, cuya relación quedó en 18 universidades. A partir de allí, se eligieron los 51 grupos de investigación de dichos programas y se inició un rastreo de los GrupLac³. Cabe mencionar que el Gruplac de cada grupo es abierto y permite ser consultado sin restricciones en la página web de Minciencias. Luego de hallar los 51 grupos, se procedió a etiquetar cada producto según tipología, este proceso se realizó con ayuda del software MAX.Q-DEA, tomando la tipología de productos de investigación señalado por Minciencias.

Para el Ministerio los productos se organizan en cuatro categorías, a saber: generación de nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación, apropiación social del conocimiento y formación del recurso humano. Cada categoría posee una lista de productos específicos y cada uno de ellos es ponderado (medido) para otorgar un puntaje al grupo que los realice, de modo tal que aquellos grupos que realicen, ejecutan o produzcan en cada categoría podrán ser categorizados. Al realizar la medición total de los productos de cada categoría, el Ministerio le otorga una clasificación así: A1, A, B, C y reconocido, siendo A1 la mayor categoría y reconocido la más baja clasificación; así entre más produzca, más grande será la posibilidad de ser categorizado en A1. La Figura 1 evidencia puntualmente los productos que son medidos por el Ministerio.

2 En Colombia desde algunas décadas atrás determinó otorgar Acreditaciones de Alta Calidad a los programas y universidades, que cumplan con una serie de requisitos consignados entre los que se encuentran las cuatro funciones sustantivas (docencia, investigación, proyección social e internacionalización) de modo tal que los programas y universidades deben demostrar que van más allá de los requisitos mínimos en estas funciones, para recibir tal galardón. Es importante denotar que la acreditación de alta calidad es voluntaria, no es un requisito de exigencia para ofertar el programa o mantener abierta la universidad, en Colombia se ha convertido en elemento diferenciador y la posibilidad de mantenerse en ranking y ello lo hace susceptible de ser elegida por los estudiantes entre las muchas instituciones. El último decreto relacionado con la exigencia de alta calidad es el decreto 1330 de 2019

3 Minciencias antes Colciencias ha tenido la responsabilidad de regular I+D+I del país, así que desde hace más de una década ha establecido un aplicativo denominado Gruplac en el que se registran los grupos de investigación y la producción según tipología, que ellos mismos han fijado, dicho aplicativo permite medir y categorizar los grupos de investigación.

Figura 1. Tipología de productos de investigación validados por Minciencias

TIPOLOGÍA DE LOS PRODUCTOS			
Capítulos en libro resultado de investigación Capítulos en libro resultado de investigación que cumplen con los requerimientos mínimos de calidad especificados en la Tabla V del ANEXO 1.	Registros de Acuerdos de licencia para la explotación de obras protegidas por derecho de autor Acuerdos de licencia para la explotación de obras protegidas por derecho de autor. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XIII del ANEXO 1.	libros resultado de investigación, informes finales de investigación, Consultorías (científico-tecnológicas y arte, arquitectura y diseño) Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVII del ANEXO 1.	Proyectos de Investigación-Creación Proyectos ejecutados por los Grupos de Investigación en calidad de Investigador Principal clasificados de acuerdo a las fuentes de financiación. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN	PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	PRODUCTOS DE ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA FORMACIÓN DE RECURSO HUMANO PARA LA CTel
Productos tecnológicos patentados o en proceso de concesión de la patente Patente obtenida o solicitada por vía PCT o tradicional y Modelo de utilidad. Los requerimientos son mencionados en la Tabla VI del ANEXO 1.			Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (ID+I) Proyectos ejecutados por investigadores en empresas y los proyectos con jóvenes investigadores en empresas. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
Varietades vegetales, nuevas razas animales y poblaciones mejoradas de razas pecuarias Los requerimientos son mencionados en la Tabla VII del ANEXO 1.			Proyecto de extensión y Responsabilidad social en CTI Proyectos de extensión, en los que se especifique el tipo de participación del grupo de investigación en el proyecto (proyecto de extensión en CTel o proyecto de responsabilidad social-extensión solidaria con componente de CTel). Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
Obras o productos de investigación-creación en Artes, Arquitectura y Diseño Productos que cumplen con los requerimientos mínimos de calidad especificados en la Tabla VIII del ANEXO 1			Apoyo a creación de programas o cursos de formación de investigadores Apoyo a la creación de programas o cursos de maestría o de doctorado. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.

TIPOLOGÍA DE LOS PRODUCTOS			
PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN	PRODUCTOS RESULTADOS DE ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	PRODUCTOS DE ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA FORMACIÓN DE RECURSO HUMANO PARA LA CTel
Artículos de investigación A1, A2, B y C Artículos en revistas indexadas en los índices y bases mencionados en la Tabla I del ANEXO 1.	Productos tecnológicos certificados o validados Diseño industrial, esquema de circuito integrado, software, planta piloto, prototipo industrial, signos distintivos, producto nutracéutico, colección científica y nuevo registro científico. Los requerimientos son mencionados en la Tabla IX del ANEXO 1.	Participación ciudadana en CTel y creación Participación ciudadana o comunidad(es) en proyectos de investigación. Espacio/evento de participación ciudadana o de comunidad(es) en relación con la CTel. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XIV del ANEXO 1.	Dirección de Tesis de Doctorado Dirección/Tutoría y Codirección/Cotutoría de Tesis de Doctorado, se diferencian las tesis con reconocimiento de las aprobadas. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
Artículos de investigación D Artículos en revistas indexadas en los índices y bases mencionados en la Tabla II del ANEXO 1.	Productos Empresariales Secreto empresarial, empresas de base tecnológica (spin-off y start-up), empresas creativas y culturales, innovaciones generadas en la gestión empresarial, innovaciones en procesos, procedimientos y servicios. Los requerimientos son mencionados en la Tabla X del ANEXO 1.	Estrategias pedagógicas para el fomento de la CTel Programa/Estrategia pedagógica de fomento a la CTI. Incluye la formación de redes de fomento de la apropiación social del conocimiento. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XV del ANEXO 1.	Dirección de Trabajo de grado de Maestría Dirección/Tutoría y Codirección/Cotutoría de Trabajo de grado de maestría, se diferencian los trabajos con reconocimiento de los aprobados. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
Notas científicas Notas científicas publicadas en las revistas indexadas en los índices y bases especificadas en la Tabla III del ANEXO 1.	Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones Regulaciones, normas, reglamentos, legislaciones, guías (práctica clínica y manejo clínico forense), protocolos (vigilancia epidemiológica y atención a pacientes), actos legislativos y proyectos de ley. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XI del ANEXO 1.	Comunicación social del conocimiento Estrategias de comunicación del conocimiento, generación de contenidos impresos, multimedia, virtuales y de audio. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVI del ANEXO 1.	Dirección de Trabajo de grado de Pregrado Dirección/Tutoría y Codirección/Cotutoría de Trabajo de grado de pregrado, se diferencian los trabajos con reconocimiento de los aprobados. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.
Libros resultado de investigación Libros que cumplen por lo menos con los requerimientos mínimos de calidad especificados en la Tabla IV del ANEXO 1.	Conceptos técnicos e informes técnicos Conceptos técnicos e informes técnicos. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XII del ANEXO 1.	Circulación de conocimiento especializado Eventos científicos, participación en redes de conocimiento, talleres de creación, eventos culturales y artísticos, documentos de trabajo (working papers), nueva secuencia genética, boletines divulgativos de resultado de investigación, ediciones de revista científica o de	Proyectos de Investigación y Desarrollo Proyectos ejecutados por los Grupos de Investigación en calidad de Investigador Principal clasificados de acuerdo a las fuentes de financiación. Los requerimientos son mencionados en la Tabla XVIII del ANEXO 1.

Fuente: convocatoria para la medición de grupos de investigación 2020 (Minciencias)

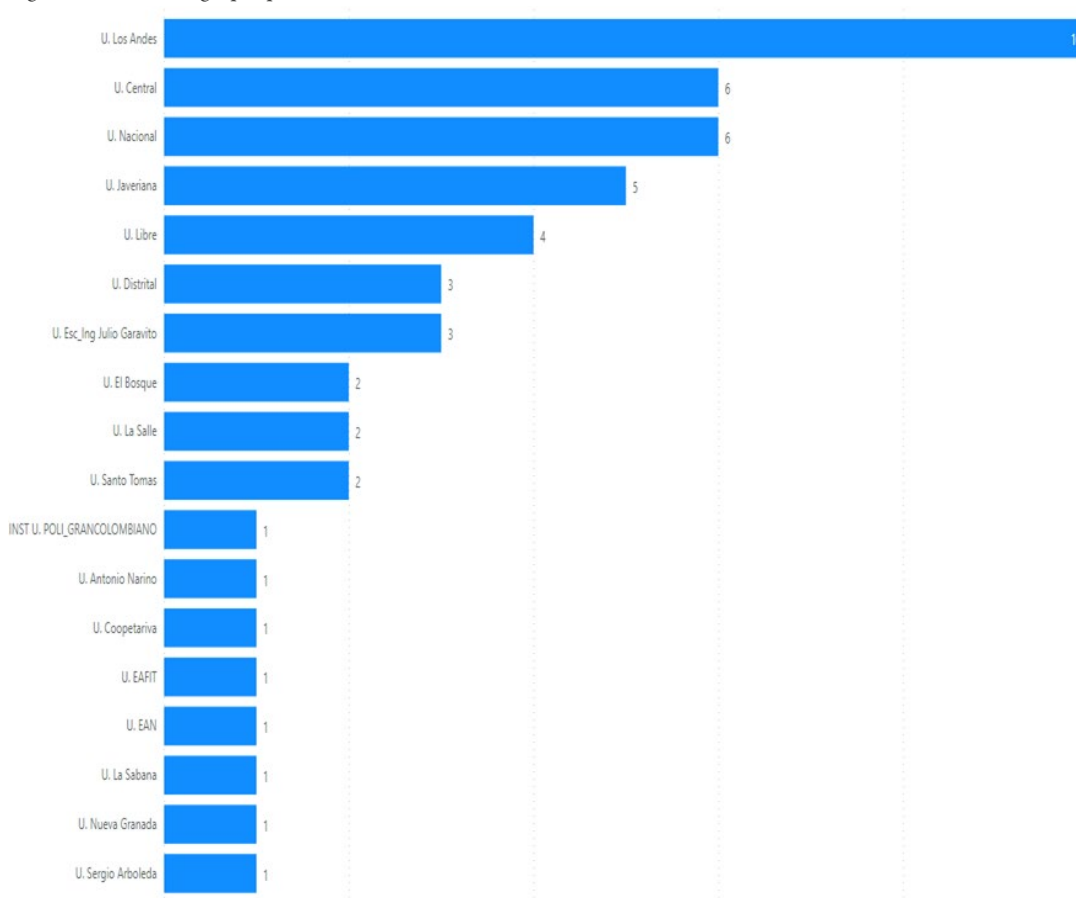
Posterior a la clasificación de cada producto en grupos, se procede a realizar el tratamiento de datos con ayuda del MAX-Q-DEA y la elaboración de bases de datos, esto con el fin de realizar el cruce de variables y el análisis de información a la luz de una mirada cualitativa y permitiendo dar respuesta a la pregunta que convoca la investigación.

Discusiones y resultados

Con respecto a la cantidad de grupos de investigación por universidad

Es muy importante caracterizar aspectos relevantes de los programas y de las instituciones, al igual que los grupos de investigación analizados, para iniciar el análisis de los resultados; por ello, aparece en primera instancia el número de grupos que pertenecen a cada una de las universidades, evidenciando una relación estrecha entre resultados, producción y cantidad de grupos (Figura 2).

Figura 2. Número de grupos por universidades



Fuente: elaboración propia

El Ministerio de Ciencia y Tecnología reporta en su portal Cifras de la ciencia que, de 5772 grupos de investigación, se tiene que el 9 % corresponde a grupos que trabajan en ciencia y tecnología dentro del Programa Nacional de CTeI.

A partir de la selección de esta muestra representativa de grupos de investigación relacionados con ingeniería, se discutirá acerca de cada uno de los hallazgos encontrados y detallados a continuación.

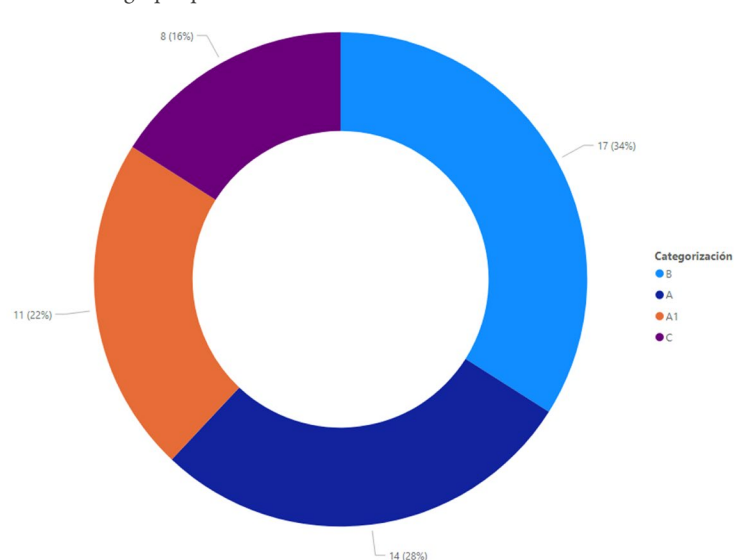
De acuerdo con el análisis de información seleccionada, se observa que la mayor proporción representada por un 21.56% de la participación total de grupos de investigación en el campo de ingeniería se encuentra la Universidad de Los Andes. Esto responde a algunas necesidades de las organizaciones como valorar los activos intangibles definidos por los modelos de Gestión del Conocimiento (GC) para lograr el desarrollo de las competencias y tecnologías como aporte al avance de la ciencia como valor agregado para el interesado o consumidor final (Druker, 1959). Aunque el término ha sido adoptado por organizaciones de diferentes sectores económicos, los modelos de GC son escasos en los sectores de educación superior, pues, como lo expone Şentürk y Özdemir (2014), estos sectores tienen serias limitaciones frente a las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, la falta de recursos e infraestructura deficiente (Şentürk y Özdemir, 2014).

Sin embargo, los resultados observados en la Figura 1 muestran la capacidad de inversión en investigación y es corroborado a partir de políticas emitidas por la Vicerrectoría de Investigación y Creación de la Universidad de los Andes que asigna un presupuesto de inversión trimestral para la construcción de productos de nuevo conocimiento que se encuentra alrededor de 300 000 US al año (Universidad de Los Andes, 2021), rubro que no incluye la cuantificación de la capacidad de talento humano, capacidad instalada y gestión de los recursos para apoyo a las actividades relacionadas con la investigación.

Con respecto a la categorización de grupos de investigación e investigadores

Con base en el análisis de la muestra seleccionada, se observó que porcentaje de grupos pertenece a qué categoría de Minciencias, lo cual se presenta en la Figura 3.

Figura 3. Porcentaje de clasificación grupos por Minciencias



Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la infometría, como instrumento de análisis en esta investigación, permitió comprender dentro del campo de la investigación en ingeniería características acerca de los grupos reconocidos y categorizados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Es así que con una mayor participación frente al total de grupos con un porcentaje del 34 % se encuentran los grupos de investigación con categoría B y con una participación del 28 % los de categoría A. Esta proporción demuestra la tendencia creciente y dinámica de los grupos de investigación en los diferentes indicadores de medición como el indicador de productos TOP o A, apropiación social, formación de talento humano, tipo de investigadores afiliados a los grupos, la cohesión entre miembros y con otros grupos de investigación y su trayectoria en años. Este crecimiento ha sido posible gracias al aumento de la inversión de recursos públicos y privados dirigidos al fortalecimiento de las capacidades de investigación, lo que ha permitido un incremento del 80 % en la producción científica en ingeniería los últimos diez años (Gómez y Rosselli, 2021).

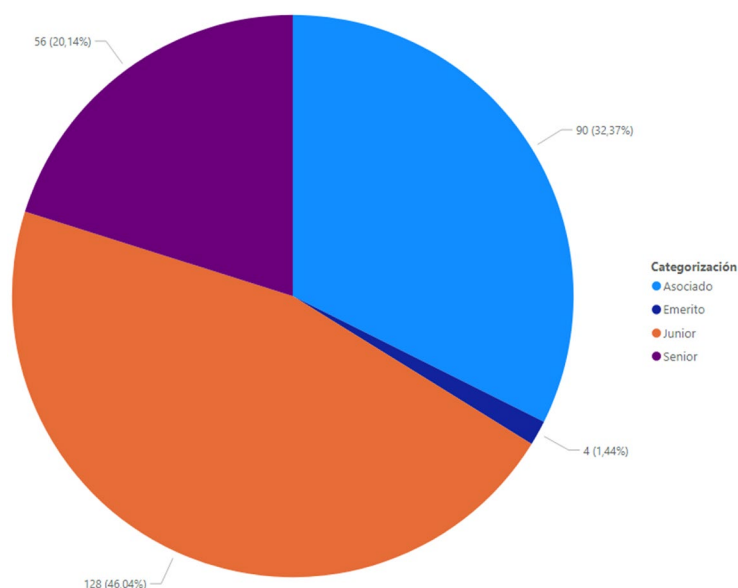
Como consecuencia de lo anterior, se ha logrado una descentralización de la producción en publicaciones de universidades reconocidas, ya que los investigadores con un número considerable de publicaciones y citas no se encuentran afiliados a instituciones que tiene la mayor cantidad de publicaciones, este comportamiento se valida a través de los resultados reportados en la gráfica 3 y validados por otros análisis bibliométricos en ingeniería realizados en el horizonte temporal 2010 a 2019 (Gómez y Rosselli, 2021).

En Ingeniería, la categoría de sus grupos de investigación en su mayoría ha logrado la categoría B, lo cual implica una generación de nuevo conocimiento por encima del segundo cuartil (50 %) de los grupos con los que se comparan y superar el segundo cuartil (50 %) de productos de talento humano tipo A (maestrías o doctorados).

Los grupos en categoría A1, A y B aportan de manera significativa a la categoría de productos de Desarrollo Tecnológico e Innovación que constituyen el 4% de la producción científica de los grupos, cuyos requisitos de calidad y existencia son muy exigentes e implican registros de derechos de autor o certificados de uso y aplicación por parte de los beneficiarios, así como estándares de calidad de equipos, significancia de muestras y aplicación del método científico en experimentos y modelos matemáticos. Estos requisitos son básicos en el área del conocimiento, ya que aportan a la generación de empresas y productos I+D+I, de los cuales se hablaba en el Sistema Nacional de Innovación (Bernal y Morales, 1998).

Lo anterior implica la existencia de una capacidad instalada y de infraestructura que respalda la generación de estos productos en estos grupos y universidades, lo cual es un factor de exigencia en investigación en ingeniería diferente a otras áreas del conocimiento.

Figura 4. Porcentaje de investigadores por categorización Minciencias



Fuente: elaboración propia.

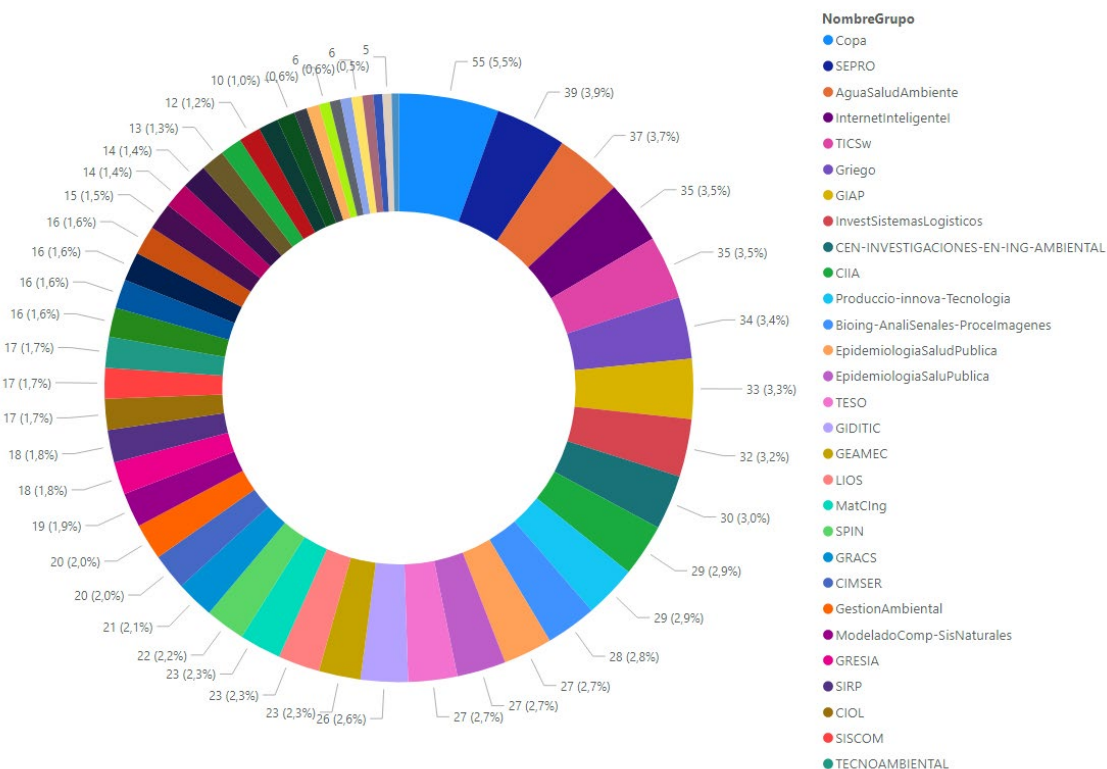
La Figura 4 muestra la distribución de categorías obtenida por los investigadores vinculados a estos grupos de investigación.

Cerca del 71 % de los investigadores vinculados a estos grupos de investigación están categorizados entre junior y asociado. Cabe anotar que en cada convocatoria se incrementa el número de hojas de vida de investigadores y la participación de las mujeres se ha incrementado en un 38 % con respecto al total de investigadores que se presentan para categorización en Minciencias. Esto es producto de las diversas campañas de inclusión de las mujeres en la ciencia y de aumentar su visibilidad, en especial en Ingeniería en Colombia. Midiendo la participación de la mujer desde la perspectiva de líderes de los grupos de investigación, las mujeres lideran el 34 % de los grupos de investigación en esta área del conocimiento.

En otros estudios realizados se evidencia que los investigadores que obtienen resultados importantes se distinguen por una prolongada permanencia en su grupo, hacen de la investigación su proyecto de vida y reconocen la importancia de la investigación en la transferencia de conocimiento actualizando hacia los contenidos programáticos para asegurar el proceso de enseñanza (Castaño, Calderón y Posada, 2014). Además, el éxito y madurez del investigador puede darse frente a los siguientes factores: (a) capacidad y habilidad técnica para la escritura, (b) inserción del investigador a los programas de posgrado donde la tendencia a publicar aumenta significativamente, (c) el prestigio del programa de doctorado cursado por el investigador, (d) los recursos que asignan las instituciones para escribir artículos científicos (Rodgers y Rodgers, 1999).

Con respecto al número de investigadores vinculados a cada grupo de investigación, la Figura 5 muestra este análisis.

Figura 5. Número de investigadores por grupo



Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias.

La anterior gráfica muestra que no hay una concentración de investigadores en un grupo en particular o temática en particular y, por el contrario, muestra la diversidad de grupos distribuidos en varios grupos con tamaños comparativos. Estos estarían asociados a lo presentado.

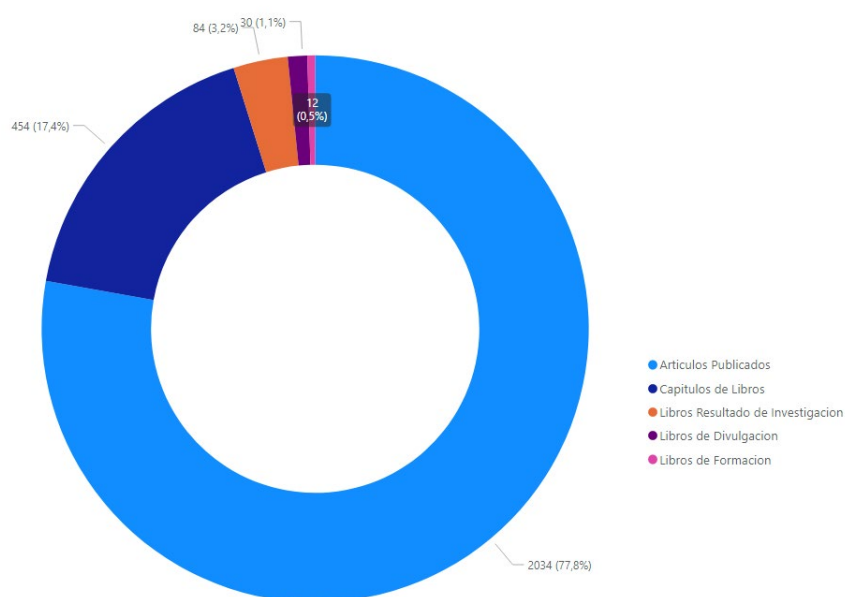
El número de investigadores está relacionado con la vocación para la investigación y la capacidad de las instituciones de educación superior con programas en ingeniería para generar ambientes propicios que garanticen la estructuración y desarrollo de la investigación. En la Figura 5 se destaca el grupo Copa, este grupo se encuentra adscrito al programa de ingeniería industrial de la Universidad de Los Andes con categoría B, al revisar en detalle los indicadores de grupo se puede observar que los productos se concentran en artículos científicos TOP o tipo A y en formación del talento humano de categoría B (Tesis de maestría), como lo muestra el Ministerio de Ciencia y Tecnología (2022a).

Para analizar la relación de número de investigadores con respecto a la categoría del grupo, se detalla los resultados encontrados para el grupo CIOL que tiene 50 % menos investigadores en comparación con Copa, este grupo se encuentra avalado por cuatro instituciones de educación superior Pontificia Universidad Javeriana, Escuela Colombiana

de Ingeniería Julio Garavito, Universitaria Agustiniana, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Al especificar los indicadores con mejor puntuación dentro del grupo se puede observar el indicador de colaboración, artículos de investigación tipo A, formación de talento humano tipo B (tesis de maestría). La categoría reportada para el grupo es A (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2022b).

Por último, para entender estos resultados el grupo Tecnoambiental avalado por la Universidad Libre cuenta con 17 investigadores, los indicadores que se destacan en el grupo son artículos de investigación tipo A, artículos de investigación tipo B, formación de talento humano a través de los proyectos de grado de pregrado, proyectos de extensión y responsabilidad social en CTI. La categoría obtenida por el grupo es A1 (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2022c). Esto podría demostrar que la capacidad de investigación no necesariamente está vinculada con el número de investigadores; además, el indicador común de mejor desempeño entre los grupos discriminados es la generación de nuevo conocimiento a través de la producción científica en cuartil 1 (Q1).

Figura 6. Porcentaje de producción generación de nuevo conocimiento según tipología Minciencias

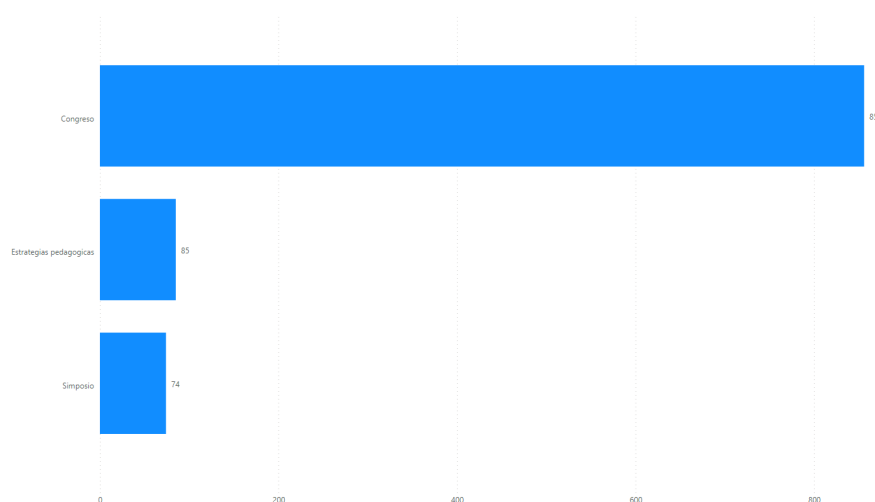


Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias

La Figura 6 muestra la producción de los grupos desde la perspectiva de productos bibliográficos, donde se evidencia la concentración en artículos de investigación por encima de las demás tipologías de productos bibliográficos. Esta dinámica es la respuesta a la exigencia en requisitos de registro y evaluación de productos de ciencia, tecnología e innovación que requieren periodos largos, superiores a los tres años, para su desarrollo, como los son las patentes, y frente a un modelo que evalúa a los investigadores cada dos años se opta por productos de rápida realización.

La dinámica que se observa en la Figura 6 es motivada por el modelo de reconocimiento y categorización del Ministerio de Ciencia y Tecnología, dado que el modelo pondera con un peso relativo importante la producción científica en Q1 en bases de datos científicas de prestigio reconocidas a nivel global. Además, este fenómeno es causado por la necesidad de ocupar posiciones en los rankings académicos del mundo donde se recopila información y se ponderan diferentes indicadores que destacan la importancia para las instituciones de educación alrededor del mundo el número de artículos científicos publicados y el número de investigadores altamente citados. Dentro de las clasificaciones más conocidas está la clasificación de universidades del mundo de la Universidad Jiao Tong de Shanghái (Universidad Jiao Tong, 2010), donde la Universidad Nacional de Colombia ocupa la posición 830 entre 1800 instituciones analizadas para el 2021.

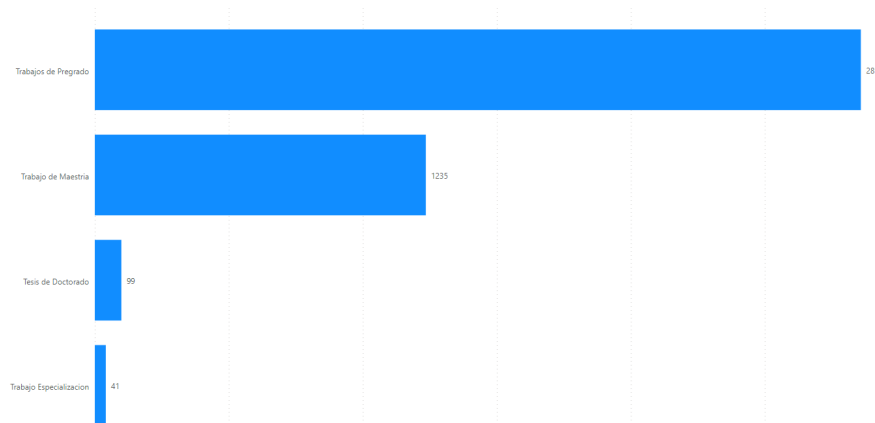
Figura 7. Porcentaje de producción apropiación social de conocimiento según tipología Minciencias



Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias

La Figura 7 refuerza la conclusión anterior desde la perspectiva de productos de apropiación social del conocimiento, donde el producto por excelencia son las ponencias.

Figura 8. Porcentaje de producción formación del recurso humano según tipología Minciencias

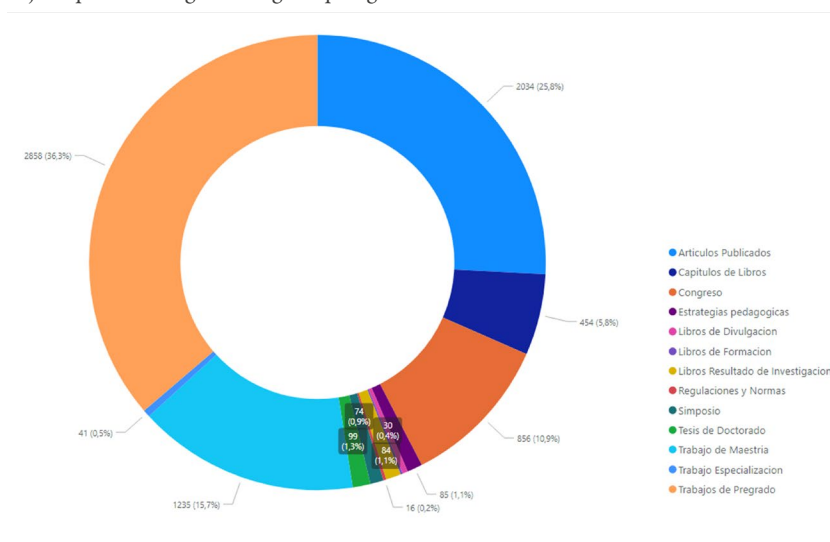


Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias.

Con respecto a la tipología de productos de formación de talento humano, se destaca la participación de investigadores en la dirección de proyectos de Pregrado, esto debido a requerimientos propios de los programas educativos, lo cual repercute en consumo de tiempo y recursos que evitan o retardan el incremento de la categoría de los investigadores en esta área y explica por qué la mayoría de los investigadores están en categoría Junior, ya que para acceder a la siguiente categoría se debe dirigir un proyecto de maestría.

A pesar de los esfuerzos realizados por la sociedad del conocimiento en Colombia, la formación en posgrados, aunque ha crecido en los últimos años aún no es suficiente. Su cubrimiento para atender la oferta, así como la demanda respecto a la formación de talento humano de alto nivel, al compararse con países desarrollados está por debajo de la media general en relación con el número de doctores graduados por millón de habitantes (Cardona, 2010). La Figura 8 muestra que la proporción de talento humano a nivel de pregrado aún se mantiene en un aumento considerable y la brecha se va ampliando al compararlo frente a la formación de alto nivel en investigación como el doctorado. Por otro lado, es necesario el estímulo de políticas que apoyen la formación posgradual a través del financiamiento con fondos públicos y articular estos esfuerzos con las necesidades empresariales, académicas e investigativas para impulsar el desarrollo del país.

Figura 9. Porcentaje de producción general según tipología Minciencias



Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias.

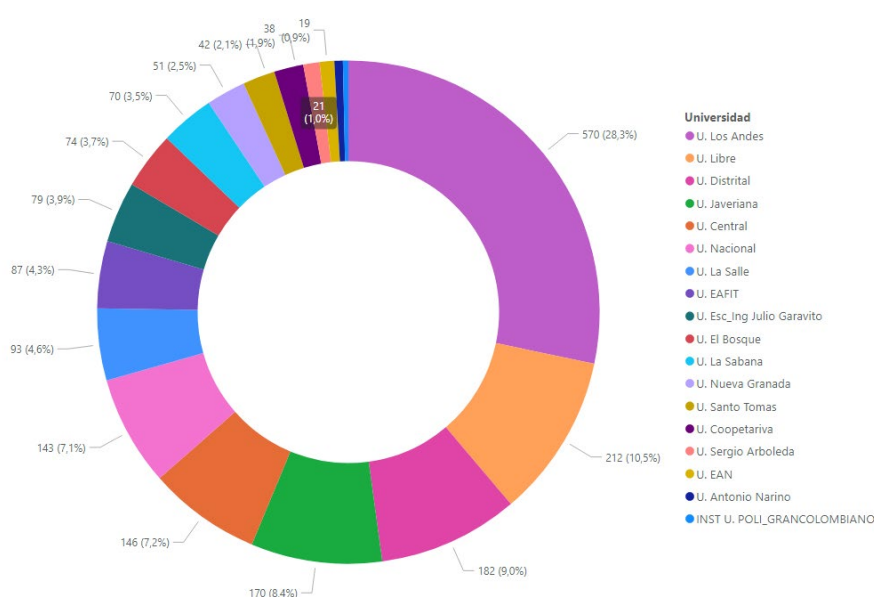
La Figura 9 fortalece lo anteriormente expuesto, incluyendo otras tipologías de productos de la categorización de investigadores y grupos de Minciencias. Se observa la preferencia de productos de investigación a desarrollar por los cuerpos científicos y académicos en ingeniería se considera más importante la divulgación de resultados de investigación en el formato de artículo científico. La actividad editorial en esta categoría contribuye a mejorar notablemente la reputación y la marca de las instituciones a nivel

global, mientras que la difusión de capítulos de libro es un formato de publicación que exige una extensión en número de palabras más amplia, lo que aumenta la dificultad de su construcción y tiene desventajas frente al artículo, ya que este último permite una mejor circulación a través de los medios digitales.

Frente al modelo de revisión por pares, en el caso de las revistas el proceso de doble ciego permite una estructura de evaluación más rigurosa, mientras que en el capítulo de libro la evaluación de pares puede darse por revisores de conocimientos generalizados y puede ser poco frecuente. Sin embargo, dependiendo del área de conocimiento, los formatos de divulgación tienen una valoración diferente de acuerdo con los intereses del investigador; por ejemplo, en las áreas sociales se ha encontrado que los formatos de publicación de preferencia son los libros, además, estos documentos aumentan visiblemente la cosecha de citas que es superior a las obtenidas a través de formatos como revistas científicas (Marzal-Felici et al., 2021). En tercer lugar, se encuentran las actas de congresos, lo que indica que la divulgación de resultados parciales y finales de los diferentes informes de investigación y tesis doctorales hace parte del ejercicio del proceso de investigación que garantiza la validación del trabajo por el equipo de pares expertos en las diferentes áreas de conocimiento de ingeniería.

En Colombia, en los próximos años se observarán tendencias diferentes a las revisadas en esta investigación, ya que los libros deben demostrar mayor rigurosidad para dar cumplimiento a los estándares de calidad científica en su proceso editorial y el factor de citación debe validar que la comunicación de los resultados de investigación en este formato genera impacto en el avance de la ciencia y el aporte a la sensibilidad de las fronteras del nuevo conocimiento.

Figura 10. Producción por universidad

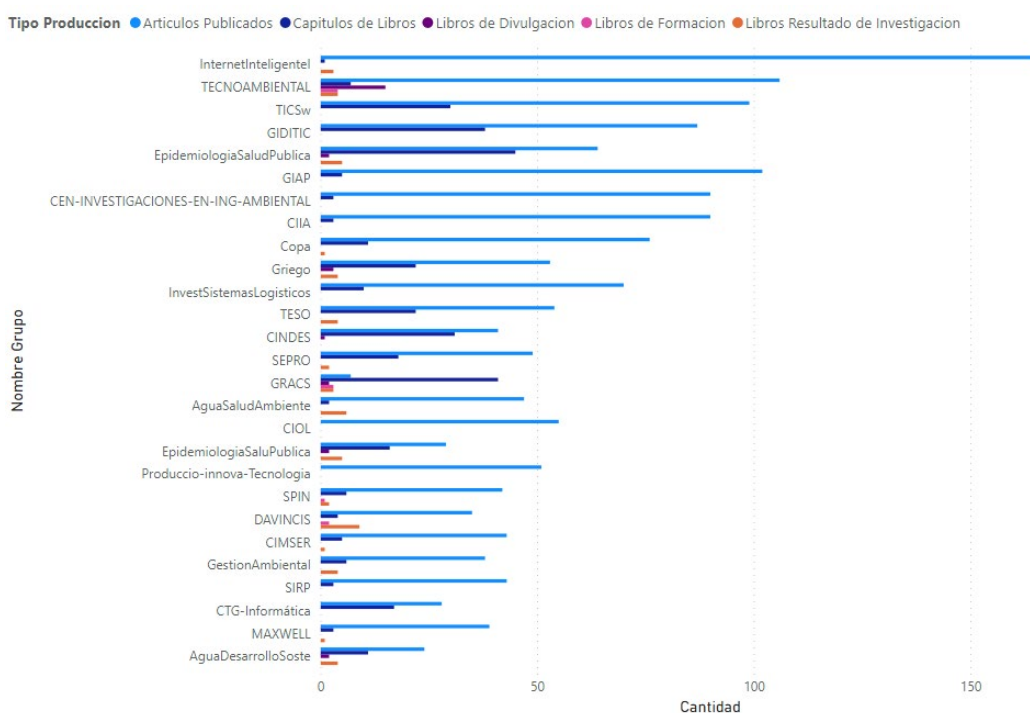


Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias

Con respecto a la producción por universidad en términos de número de productos que cumplen requisitos de calidad y categorizados en Minciencias (Figura 10), se observa que es coherente con el ranking de número de grupos de investigación por cada universidad en esta área del conocimiento. Esto no necesariamente es equivalente a avances o impacto de estos productos en ciencia y tecnología (Monroy, 2022) solo se observa la cantidad de productos.

Los procesos de investigación y modelos de GC en las instituciones universitarias propenden por valorar los productos intangibles obtenidos a partir del nuevo conocimiento. En la Figura 10 se puede observar que las instituciones que estimulan las inversiones en infraestructura para el desarrollo de la investigación generan una elevada producción académica y de investigación, ratificando a la Universidad de Los Andes como el referente local más importante en la consecución de los productos de nuevo conocimiento en el área de ingeniería que representan un 28.3%. El segundo lugar es para la Universidad Libre, pero existe una brecha importante si se compara con su participación en el indicador, la brecha está a una diferencia de 17.8%.

Figura 11. Producción por grupos



Fuente: elaboración propia de información en la plataforma Minciencias

Con respecto a la producción por grupos de investigación y su producción, presentado en la Figura 11, se concluye que la tipología de productos de los grupos son los artículos de investigación, capítulos de libro resultado de investigación y, por último, están los libros de formación y divulgación.

En la Figura 11, se observa que el grupo Internet Inteligente avalado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas cuenta con una diversidad de productos de investigación que le permiten colocarse en el primer lugar de producción por grupos de investigación. Al detallar la información relacionada con este grupo se observa que se encuentra en la categoría B, con alta producción no solo en artículos científicos en categoría Q1, sino también en productos Tecnológicos Certificados o Validados, originados por el área de trabajo del grupo que se declara en el área de ingeniería y tecnología, este último aspecto lo diferencia de los otros grupos revisados anteriormente.

Conclusiones

Una de las primeras miradas que arroja el estudio reconoce que las universidades han apostado por responder significativamente a los criterios y la dinámica estatal implementada en políticas de ciencia del país que incentivan la producción no con recursos y estímulos, sino la medición para categorizar y clasificar grupos e investigadores. La exigencia a los investigadores que impone el modelo de categorización de Minciencias, basado en productos a los que se asocia un puntaje para efectos de ranking y comparaciones, lleva a que se centren las investigaciones en generar productos que obedezcan a esta dinámica dentro de los ciclos de evaluación y categorización de grupos e investigadores, esto se expresa en la producción de artículos en cerca de un 45 % y tan solo un 4 % en productos de ciencia, tecnología e innovación. Por lo anterior, no se observan en los GrupLac resultados de patentes de forma significativa, situación que genera interrogantes, pues, aunque es claro que no siempre debe terminar la investigación de la ingeniería en una patente, sí debe existir una apuesta por la generación de conocimiento, pues según estudios de la OCDE son necesarias para el desarrollo de las regiones.

Existe una tendencia creciente en la producción de artículos científicos en ingeniería que permite que este campo sea referente en Latinoamérica; sin embargo, la concentración de este producto de investigación no permite evidenciar el impacto social e industrial que este puede generar a la sociedad y al desarrollo de la nación.

Los recursos de investigación son importantes para obtener resultados satisfactorios en investigación, pero es necesario que el perfil del investigador permita que los procesos tengan la madurez necesaria para consolidar y permitir visualizar los resultados de investigación. Es así que el número de investigadores no determina la categoría del grupo de investigación, como se pudo evidenciar en los resultados de análisis de esta investigación. Las relaciones interinstitucionales redundan en beneficios claros para la investigación y la transferencia de conocimiento, implica mayor cantidad de recursos, mayor capacidad de ejecución y mejores resultados.

De acuerdo con la información analizada, los productos en ingeniería deberían considerar un componente importante para su evolución, desarrollo e impacto a través de las patentes por invención y patentes de utilidad; sin embargo, de acuerdo con un estudio consultado, los desarrollos en este tipo de productos son frecuentes para el campo de la Ingeniería química con aplicaciones en farmacéutica y la tecnología en el área de medicina, las solicitudes de patentes de invención la hacen en su mayoría no residentes en Colombia y para las patentes de utilidad residentes colombianos (Ruíz Toledo, 2021). Como se pudo observar en esta investigación, el origen de este producto de desarrollo tecnológico es escaso en los grupos de investigación analizados adscritos a programas de ingeniería de las universidades acreditadas en alta calidad, localizadas en Bogotá.

Aunque las disciplinas métricas (bibliometría, infometría y cienciometría) tienen cada una un campo de acción establecida, existen algunas inconsistencias conceptuales que logran generar confusión, debido a una falta de claridad en los límites y alcances entre cada una de las tres métricas, aspecto que puede generar errores en la aplicación de cada una de las disciplinas y los resultados que se presentan a la sociedad del conocimiento.

Las temáticas en los 51 grupos de la muestra de estudio que realizan I+D+I están centradas en las siguientes áreas del conocimiento: la producción, optimización, logística y distribución, cambio climático, sostenibilidad y economía circular, evidenciando que los grupos tienen una alta relación entre los temas de investigación y la generación de valor en las organizaciones productivas.

Igualmente, es importante seguir reflexionando sobre el hacer de la ingeniería en el país, sobre las políticas públicas de producción de conocimiento, sobre las estrategias para I+D+I, en miras de una sociedad que reclama soluciones en los territorios, la implementación de planes concretos en las zonas del posconflicto donde la ingeniería podría contribuir ampliamente. De la misma forma, es pertinente la reflexión de las universidades sobre la apuesta a responder a categorizaciones y clasificaciones otorgadas por Minciencias, quizás más que a la verdadera razón de la ingeniería y de los requerimientos de las comunidades.

Referencias

- Amézquita, J., Martínez, D. y Martínez, J. (2011). Bibliometría, infometría y cienciometría. Ediciones Unicartagena.
- Araújo, J. y Arencibia, R. (2002). Infometría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. Revista ACIMED, 10(4), 24-30. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352002000400004

- Bernal, C. y Morales, A. (1998). Investigación e innovación en ingeniería en Colombia. <http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/756/368.%20INGENIERIA%20INVESTIGACION%20INNOVACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, L. (2010). Análisis de la formación posgradual a nivel de Maestría y Analysis of postgraduate training at Master and Doctorate level in Colombia between 2010 and 2018. *Educación • Education • Educação*, 41(48), 2020. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n48p12>
- Castaño, G., Calderón, G. y Posada, R. (2014). Perfiles y tipologías del investigador en administración en Colombia y su producción científica. *Innovar*, 24(52), 45–58. <https://doi.org/10.15446/INNOVAR.V24N52.42505>
- Castillón-Sánchez, S. y García-Gómez, F. (2020). Análisis bibliométrico de la producción científica en la Delegación IMSS Puebla. *Revista de Enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 28(3), 183-191.
- Dávila, M., Guzmán, R., Arroyo, H., Piñeres, D., De la Ros, D. y Caballero-Uribe, C. (2009). Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional. *Revista Salud Uninorte*, 25(2), 319-330.
- Druker, P. (1959). Landmarks of Tomorrow. https://books.google.com.co/books/about/Landmarks_of_Tomorrow.html?id=VdkYAAAAYAAJ&redir_esc=y
- Forero, I. (2009). La sociedad del conocimiento. *Revista Científica General José María Córdova*, 5(7), 40-44. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476248849007.pdf>
- Gómez, S. y Roselli, D. (2021). Bibliometric analysis of engineering publications in Colombia, 2010-2019. *DYNA*, 88(216), 9–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7794862>
- Marzal-Felici, J., Rodríguez-Serrano, A., & Soler-Campillo, M. (2021). Comparison of the impact of books and articles by Spanish communication researchers through Google Scholar in 2019. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 44(1), 1–15. <https://doi.org/10.3989/REDC.2021.1.1744>
- Mateo, J. (2006). Sociedad del Conocimiento. *Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura*. 182(718), 145-151. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/18/18>

- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2018). Modelo de Grupos de Investigación e Investigadores. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/4_anexo_1_documento_conceptual_del_modelo_de_reconocimiento_y_medicion_de_grupos_de_investigacion_2018.pdf
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2022a). GrupLAC. https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/Medicion/graficas/verPerfiles.jsp?id_convocatoria=20&nroIdGrupo=00000000001184
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2022b). GrupLAC. https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/Medicion/graficas/verPerfiles.jsp?id_convocatoria=20&nroIdGrupo=00000000000287
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2022c). GrupLAC. https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/Medicion/graficas/verPerfiles.jsp?id_convocatoria=20&nroIdGrupo=00000000004250
- Ministerio de Ciencia y tecnología. Grupos de Investigación reconocidos por Minciencias. <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos>
- Monroy, S. (2022). Dinámica de los grupos de investigación. El caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. *Ingeniería e Investigación*, 31(1), 56-62.
- OECD. (2022). Data. <https://data.oecd.org/rd/triadic-patent-families.htm>
- Puerto, C., Díaz, A. y Gradis, O. (2020) Bibliometría o altimetría: desde las métricas tradicionales a las actuales. *Revista de Ciencias Forenses de Honduras*, 6(2), 24-30.
- Rodgers, R. y Rodgers, N. (1999). The Sacred Spark of Academic Research. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 3, 473-492. <https://academic.oup.com/jpart/article/9/3/473/949330>
- Rodrigues, M., Coutinho, R. y Castro, E. (2019). Um breve olhar sobre a cienciametria: Origem, Evolução, Tendências e sua Contribuição para o Ensino de Ciências. *Revista Contexto & Educação*, 34(107), 126-141.
- Ruiz Toledo, V. A. (2021). La bibliometría en la economía de patentes de tecnología (2016 -2020). <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/5667>
- Ruiz, V. (2021). La bibliometría en la economía de patentes de tecnología (2016 -2020). <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/5667>

- Şentürk, E. y Özdemir, Ö. F. (2014). The Effect of Science Centres on Students' Attitudes Towards Science. *International Journal of Science Education*, 4(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/21548455.2012.726754>
- Ulloa, G. (2010). ¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia?. *Ingeniería Y Sociedad*, (2), 38-41. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingeso/article/view/7303>
- Universidad de Los Andes. (2021). Convocatoriaa Interna 0121. www.platypus.uniandes.edu.co.
- Universidad Jiao Tong. (2010). ARWU Ranking Methodology 2010. <https://web.archive.org/web/20100822192937/http://www.arwu.org/ARWUMethodology2010.jsp>
- Urbizagastegui, R. (2016). La bibliometría, informetría, cienciometría y otras “metrías” en el Brasil. *Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 21(47), 51-66.
- Vega-Cantor, R. (2015). *La Universidad de la Ignorancia: Capitalismo académico y mercantilización de la educación*. Ocean Sur.